

ANÁLISIS DISCRIMINANTE Y ALGORITMOS DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA EL ESTUDIO DE MERCADOS FINANCIEROS

JUAN CARLOS LÁZARO GUILLERMO
AMANDA DEL AGUILA DEL AGUILA
YSABEL MORAN QUINTANILLA
YSAELEN JOSEFINA ODOR ROSSEL
ORISON VALERA DAVILA
CARLOS MARIANO ALVEZ VALLES



Análisis discriminante y algoritmos de redes neuronales artificiales para el estudio de mercados financieros

Juan Carlos Lázaro Guillermo, Amanda Del Aguila Del Aguila, Ysabel Moran Quintanilla, Ysaelen Josefina Odor Rossel, Orison Valera Davila, Carlos Mariano Alvez Valles

© Juan Carlos Lázaro Guillermo, Amanda Del Aguila Del Aguila, Ysabel Moran Quintanilla, Ysaelen Josefina Odor Rossel, Orison Valera Davila, Carlos Mariano Alvez Valles, 2024

Primera edición: Noviembre, 2024

Editado por:

Editorial Mar Caribe

www.editorialmarcaribe.es

Av. General Flores 547, Colonia, Colonia-Uruguay.

Diseño de cubierta: Yelitza Sánchez Cáceres

Libro electrónico disponible en: https://editorialmarcaribe.es/analisis-discriminante-y-algoritmos-de-redes-neuronales-artificiales-para-el-estudio-de-mercados-financieros/

Formato: electrónico

ISBN: 978-9915-9732-1-0

ARK: ark:/10951/isbn.9789915973210

DOI: 10.70288/emc.9789915973210

Aviso de derechos de atribución no comercial: Los autores pueden autorizar al público en general a reutilizar sus obras únicamente con fines no lucrativos, los lectores pueden usar una obra para generar otra obra, siempre y cuando se dé el crédito de investigación y, otorgan a la editorial el derecho de publicar primero su ensayo bajo los términos de la licencia **CC BY-NC 4.0.**

Editorial Mar Caribe firmante N° 795 del 12.08.2024 de la Declaración de Berlín: *"nos sentimos obligados a abordar los desafíos de internet como un medio funcional emergente para la distribución de conocimiento. Obviamente, estos avances podrán modificar significativamente la naturaleza de la publicación científica, así como el sistema existente de aseguramiento de la calidad"* (Sociedad Max Planck, ed.. 2003., pp. 152-153).

EDITORIAL MAR CARIBE

«Análisis discriminante y algoritmos de redes neuronales artificiales para el estudio de mercados financieros»

COLONIA DEL SACRAMENTO, URUGUAY

2024

Sobre los autores y la publicación

Juan Carlos Lázaro Guillermo

jlazarog@unia.edu.pe

https://orcid.org/0000-0002-4785-9344

Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Perú

Amanda Del Aguila Del Aguila

adelaguilad@unia.edu.pe

https://orcid.org/0000-0001-6930-975X

Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Perú

Ysabel Moran Quintanilla

ymoranq@unia.edu.pe

https://orcid.org/0000-0002-8797-534X

Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Perú

Ysaelen Josefina Odor Rossel

odorysa@gmail.com

https://orcid.org/0000-0003-3160-3106

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela

Orison Valera Davila

orison_valera@unu.edu.pe

https://orcid.org/0000-0002-3972-6330

Universidad Nacional de Ucayali, Perú

Carlos Mariano Alvez Valles

calvezv@unmsm.edu.pe

https://orcid.org/0000-0003-2341-6191

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Libro resultado de investigación:

Publicación original e inédita, cuyo contenido es resultado de un proceso de investigación realizado antes de su publicación, ha sido revisada por pares externos a doble ciego, el libro ha sido seleccionado por su calidad científica y porque contribuye significativamente en el área del saber e ilustra una investigación completamente desarrollada y completada. Además, la publicación ha pasado por un proceso editorial que garantiza su estandarización bibliográfica y usabilidad.

Índice

Prólogo

El potencial de las redes neuronales artificiales (RNA) para aumentar la productividad de los mercados financieros es innegable, desde actuar como un poderoso asistente de codificación hasta ejecutar procesamientos de datos autónomos y entrenados para predecir el comportamiento del sector; este es el futuro de la econometría y de la teoría económica del presente. Las RNA podrían aumentar la productividad a través de varios análisis numéricos, es decir, a través de efectos directos de la significancia y representatividad de los métodos estadísticos que impulsa la productividad total de los factores o a través de factores de producción individuales.

De hecho, varios estudios ya apuntan a considerables aumentos de productividad inducidos por las RNA a nivel del sector banca y finanzas. Sin embargo, las estimaciones de los efectos agregados para la nueva banca (mercados Fintech), difieren marcadamente de un país a otro, según la clasificación del nivel de riesgo del Banco Mundial, y que va desde un aumento en el crecimiento anual de la oferta y demanda global de las cuentas nacionales en hasta un crecimiento anual del índice per cápita, esto medido en puntos porcentuales.

El resultado final dependerá de si vemos una adopción y difusión rápida y amplia de métodos discriminantes simples o complejos en todos los sectores de la economía. Hasta ahora, la velocidad de difusión entre sectores y empresas tiene pocos precedentes históricos. Y la evidencia da cuenta de la necesidad del Estado moderno en la adopción de estos métodos de cuantificación sin sesgos. Pero un riesgo clave se deriva de la posibilidad de que la mayor parte del valor creado por las RNA sea extraído por unas pocas empresas del sector y que termine dominando el ecosistema de la economía mundial aniveles de monopolio. Esta es una razón clave por la que el aumento de la productividad de las RNA a nivel de las estadísticas sectorizadas, puede no traducirse en ganancias sostenidas de valor añadido a nivel agregado, ya que el poder de mercado aumenta los costos.

A lo largo de la historia ya vemos que esto sucede con el auge de las tecnologías de la información y de la comunicación, lo que dio lugar a que la masificación de métodos de aprendizaje automatizado (machine learning) se

concentraran en el sector y beneficiaran principalmente a los países con grandes estructuras tecnológicas (monopolio). Por lo tanto, es fundamental diseñar una estrategia mundial de automatización de datos con el propósito de preservar la competencia en el espacio de la inteligencia artificial; crear un ecosistema que apoye la competitividad de las empresas del sector finanzas, generando aumentos de la productividad sectorial a lo largo del tiempo, facilitando el desarrollo de productos y servicios respaldados por las RNA.

En el panorama empresarial actual, los algoritmos se han convertido en una parte integral de las operaciones de las empresas y sirven para diferentes propósitos, como desarrollar productos innovadores y mejorar los existentes. La utilización de algoritmos ha allanado el camino para el surgimiento de nuevos mercados en línea, provocando importantes perturbaciones en industrias tradicionalmente fuera de línea. Los algoritmos de RNA tienen la potencial de mejorar la eficiencia y fomentar la competencia de diversas maneras. Esto puede actuar como catalizadores de innovaciones disruptivas, reducir costos, derribar barreras de entrada, simplificar el proceso para los clientes, y fijar precios dinámicos. Sin embargo, algunos beneficios pueden impedir la competencia y afectar negativamente a los consumidores.

El desarrollo de la economía digital ha planteado desafíos para los legisladores y reguladores que buscan salvaguardar la competencia, mantener la confianza del mercado y mejorar el bienestar social. Los riesgos potenciales asociados con el uso extensivo de algoritmos informáticos en los modelos de negocios contemporáneos son riesgos apremiantes en los círculos profesionales.

Las RNA están influyendo significativamente en las condiciones del mercado, proporcionando herramientas automatizadas avanzadas para monitorear precios, implementar políticas compartidas, enviar señales de mercado y optimizar las ganancias conjuntas. En el primer escenario, los desafíos enfrentan las agencias reguladoras en detectar posibles casos anticompetitivos y reunir evidencia suficiente para cumplir con los criterios legales. En el segundo escenario, los responsables de hacer cumplir la ley de competencia tienen varias opciones a considerar. Un enfoque es utilizar herramientas antimonopolio tradicionales y comenzar por realizar una investigación de mercado exhaustiva.

El avance de la inteligencia artificial (IA) se ha acelerado debido a los incentivos tecnológicos, financieros y humanos disponibles actualmente. En particular, se han producido avances significativos en tecnologías inteligentes en diversos campos, como la agricultura, la manufactura, la medicina, la educación, los vehículos autónomos y el entretenimiento. Además, las implicaciones sociales, económicas, éticas y legales de la IA se han convertido en temas de contemplación y discusión en todo el mundo.

En consecuencia, los autores exponen en el libro que existe una demanda creciente de personas especializadas con amplia formación técnica, incluidos informáticos y científicos capaces de crear nuevas tecnologías inteligentes, así como profesionales como médicos, administradores e ingenieros que puedan utilizar eficazmente estas tecnologías en sus respectivos campos. Desafortunadamente, la implementación de sistemas inteligentes puede conducir a una reducción de las oportunidades laborales para tareas que dependen en gran medida de habilidades manuales, particularmente en los países en desarrollo.

No obstante, las naciones desarrolladas que anteriormente subcontrataban su fuerza laboral ahora buscan reemplazarla con sistemas inteligentes a nivel nacional. Desde un punto de vista ético, es crucial que estos sistemas posean ciertos requisitos para evitar sesgos y reacciones sociales negativas. A este respecto, los autores se orientan a concientizar en la transparencia y la fiabilidad en el campo de las finanzas e impulsan la promoción del acceso igualitario de hombres y mujeres a la IA, especialmente en América Latina.

Este esfuerzo tiene como objetivo alentar a los sistemas a tener una perspectiva más imparcial y representativa de la mayoría de la población. Por último, el futuro de la IA también abarca sus interacciones con otras áreas del conocimiento y tecnologías. En particular, la computación cognitiva se beneficiará de los avances en la comprensión del funcionamiento del cerebro humano y la neurociencia, así como del desarrollo de procesadores, sistemas de almacenamiento de datos, realidad virtual y entornos de realidad aumentada.

Capítulo 1

El análisis discriminante, métodos de predicción y redes neuronales artificiales

El análisis discriminante es un método popular y ampliamente utilizado para examinar datos financieros en el contexto de dificultades financieras. Esta técnica implica evaluar varias variables independientes para asignar una puntuación, conocida como puntuación z, a cada empresa de una muestra determinada. Posteriormente, a partir de los resultados de la muestra, el analista establece un punto de corte específico para el z-score. Se prevé que las empresas que caigan por debajo de este umbral se enfrentarán a la quiebra, mientras que se espera que las que lo superen mantengan su salud financiera. La principal ventaja de este enfoque radica en su capacidad para simplificar un problema complejo condensándolo en una sola puntuación. A Altman (1968) se le atribuye ser el primero en emplear el Análisis Discriminante para la predicción de quiebras. Vale la pena señalar que los estudios que utilizan la metodología del Análisis Discriminante reportan consistentemente un alto nivel de precisión en la clasificación de empresas.

Un inconveniente importante del método de análisis discriminante son sus estrictos requisitos estadísticos previos. Estos incluyen la necesidad de que las variables independientes sigan una distribución normal multivariada, que a menudo no se cumple cuando se utilizan variables independientes ficticias. Asimismo, la interpretación de los resultados del modelo es limitada ya que la puntuación obtenida es principalmente una clasificación ordinal, lo que proporciona información limitada. Además, determinar la significancia estadística de las contribuciones de las diversas variables independientes a la puntuación general carece de un enfoque sencillo.

Los modelos de elección binaria, también conocidos como técnicas de variable dependiente limitada, incluidos Probit, Tobit y Logit, tienen la capacidad de abordar y mitigar las principales limitaciones del análisis discriminante. En el ámbito del análisis contable para la predicción de crisis financieras, el innovador

artículo de Martínez (1989) constituye el estudio pionero que popularizó la aplicación de técnicas de regresión de elección binaria.

Lennox (1999) realizó una investigación sobre quiebras corporativas y descubrieron que el modelo Logit parecía tener una menor incidencia de errores de tipo I, que se refiere a categorizar erróneamente a una empresa en quiebra como financieramente estable. Sin embargo, también observaron que el Análisis Discriminante Múltiple no superó significativamente al modelo Logit. Como resultado, concluyeron que la complejidad computacional adicional del modelo Logit puede no valer la pena a menos que las consecuencias de los errores de tipo I sean excepcionalmente graves.

El estudio realizado por Lando y Duffie (2003) plantean preocupaciones con respecto a las metodologías generales utilizadas en los modelos de predicción de quiebras. Destacan tres cuestiones metodológicas clave que socavan la credibilidad y eficacia de estos modelos. En primer lugar, critican el uso de muestras basadas en elecciones y distribuidas equitativamente durante la estimación y validación del modelo, argumentando que este enfoque puede no representar con precisión escenarios de quiebra del mundo real. En segundo lugar, cuestionan el uso arbitrario de probabilidades de corte y sugieren que se debería adoptar un enfoque más sistemático y objetivo. Por último, Lando y Duffie (2003) cuestionan el supuesto de costos iguales de los errores en las predicciones, enfatizando la necesidad de considerar las posibles consecuencias e impactos de estos errores de manera más integral. En general, su estudio proporciona información valiosa sobre las limitaciones y debilidades de las metodologías actuales de predicción de quiebras, destacando áreas que requieren mayor refinamiento y mejora.

Después de emplear Probit y modelos discriminantes múltiples para abordar estos problemas, los investigadores descubrieron que ni el modelo discriminante múltiple ni el modelo Probit exhibieron un rendimiento superior en comparación con un modelo simplista que asumía que ninguna de las empresas estaba en quiebra.

Tonon et al. (2022) emplearon un modelo Probit que utilizaba trece ratios financieros fundamentales para pronosticar la probabilidad de dificultades financieras dentro de empresas en Ecuador y encontraron que existe un impacto

sustancial en la predicción de dificultades financieras. Estos ratios significativos se identificaron de la siguiente manera:

- X_1, Logaritmo (activos totales / índice del nivel de precios);
- X_2, que representa los Pasivos Totales / Activos Totales;
- X_3, que indica el Capital de Trabajo / Activos Totales;
- X_4, que denota el Pasivo corriente / Activo corriente;
- X_K, que relaciona la variable respuesta de tipo categórico y un conjunto de variables explicativas categóricas o continuas.

Los investigadores desarrollaron una función índice, denominada Y, con una ecuación estimada que incluye varias variables. Aplicaron tres modelos con ecuaciones de tipo:

$$Y = AX_1 - BX_2 - CX_3 + DX_4 + \ldots\ldots NX_K$$

Las variables X_1 a X_n se utilizan como variables ficticias estacionales para tener en cuenta cualquier variación estacional en los datos.

La probabilidad de experimentar dificultades financieras se puede determinar consultando las tablas que proporcionan la información estadística acumulada. Tonon et al. (2022) clasificaron a todas las empresas del sector como en dificultades si su probabilidad de enfrentar dificultades financieras excedía uno de manera condicional, estratificando las que no contaban con información financiera y aquellas que no presentaban actividad.

RNA y su aplicación en la predicción de dificultades financieras

En los últimos tiempos, las redes neuronales artificiales (RNA) se han utilizado cada vez más en la predicción de problemas financieros, con notable éxito en diversas aplicaciones. Odom y Sharda (1990) realizaron un estudio y determinaron que una RNA de retropropagación superó a un modelo de análisis discriminante en la predicción precisa del fracaso empresarial. Posteriormente, el

grupo de Servicio y Soporte de Desarrollo de Aplicaciones (ADSS) de Neuralware mejoraron la precisión de su modelo.

El grupo ADSS desarrolló con éxito un sistema basado en RNA diseñado específicamente para identificar quiebras bancarias, que fue utilizado por la reconocida firma de contabilidad KPMG Peat Marwick. En su análisis, afirmaron haber logrado una impresionante tasa de precisión del 90%. Otro estudio comparando el rendimiento de un modelo basado en RNA con un modelo Logit, indicó que el modelo RNA funcionó igual o incluso mejor que el modelo Logit. Además, observaron que cuando se disminuía el punto de corte (nivel de probabilidad), el modelo Logit presentaba un mayor aumento de errores de tipo II (clasificación errónea de una empresa sana como en quiebra) en comparación con el modelo ANN, al tiempo que reducía eficazmente los errores de tipo I. (clasificación errónea de empresa en quiebra como sana).

Tam y Kiang (1992) realizaron un estudio sobre asociaciones de ahorro y préstamo, donde encontraron que la evidencia empírica respalda consistentemente la noción de que las redes neuronales artificiales (RNA) superan a otras técnicas de clasificación como el análisis discriminante, Logit, k Vecino más cercano (kNN), y árbol de decisión (ID3) en términos de precisión predictiva. Además, afirman que las RNA pueden servir como una alternativa superior a estas técnicas de clasificación en escenarios específicos.

- Un escenario en el que las redes neuronales artificiales (RNA) demuestran su superioridad es cuando se trata de distribuciones multimodales. En tales casos, las RNA destacan por representar con precisión la función discriminante no lineal, que a menudo se encuentra en tareas de clasificación. Estas tareas implican relaciones entre variables que no son de naturaleza lineal. Por ejemplo, un estudio realizado por García y Marín (1992) revelaron que los agentes de crédito mostraban una mayor precisión predictiva en comparación con los modelos de análisis discriminante lineal. Esto se atribuyó principalmente a su capacidad de comprender y establecer conexiones no lineales entre las variables y los resultados del préstamo. De manera similar; al día de hoy, la investigación de O'Brien y Silcox (2024).

también respaldan la noción de que los juicios humanos se representan mejor mediante una función no lineal.

- Una de las ventajas de las redes neuronales artificiales es su capacidad para adaptarse a la naturaleza dinámica del entorno en el que se aplican. Esto se logra mediante el ajuste del modelo, lo que permite a la red responder rápidamente y adaptarse a cualquier cambio que pueda ocurrir.
- Otra ventaja de las RNA es su robustez, ya que no hacen suposiciones sobre la distribución de probabilidad o la distribución equitativa de los datos. Además, a diferencia de otros modelos que tienen restricciones rígidas como la linealidad, las RNA no están sujetas a tales limitaciones.

Empleo de RNA en instituciones de crédito

El propósito del modelo de retropropagación de las RNA es utilizar índices financieros como insumo para desarrollar un modelo de predicción en la identificación de dificultades financieras en instituciones crediticias. La razón para elegir el modelo de retropropagación es su éxito comprobado en el campo de las tareas de predicción de quiebras, Además, implementar este modelo es relativamente sencillo debido a la disponibilidad de herramientas. Las RNA han ganado un importante reconocimiento dentro del campo contable, ya que sirven como una valiosa herramienta para predecir quiebras utilizando factores como flujos de fondos, índices de acumulación y datos contables. Por ello, la industria de seguros también ha adoptado el uso de RNA para obtener alertas tempranas de insolvencia de aseguradoras.

Existen dos enfoques ampliamente utilizados cuando se trata de validar modelos de predicción de quiebras. El primer enfoque implica dividir un único conjunto de datos en dos conjuntos separados: uno se utiliza para desarrollar el modelo, mientras que el otro se utiliza para evaluar su desempeño. Por otro lado, el segundo enfoque implica utilizar datos de un período de tiempo específico como datos dentro de la muestra y datos de otro período de tiempo similar como conjunto de prueba fuera de la muestra. En el contexto de esta investigación, se elige con fines

de validación el primer método, que implica dividir el conjunto de datos en conjuntos de entrenamiento y prueba.

El modelo RNA ha demostrado ser tan eficaz, y en algunos casos incluso más eficaz, que el modelo Probit a la hora de diagnosticar instituciones de crédito en dificultades como modelo de alerta temprana. Ambos modelos tienen una tasa de precisión general de alrededor del 90 % para los datos de la muestra y del 92 %, y no existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus resultados (Escalona et al., 2024).

Las instituciones crediticias pueden identificar posibles dificultades financieras en muchos casos, pero al cometer errores de Tipo II, una institución de crédito sólo se considera en dificultades después de haber sido puesta bajo administración o recibir un aviso de la administración. Esto tiene un impacto negativo en las RNA, imposibilita predecir las dificultades financieras cuando las empresas aún no han sido oficialmente puestas bajo administración, incluso si terminan enfrentando problemas financieros. Esta limitación impedirá que la RNA cree un sistema de alerta temprana eficaz. El mismo problema se aplica al modelo Probit.

Este preciso llamar la atención sobre los desafíos que pueden surgir al introducir una nueva tecnología en un sistema establecido. Específicamente, puede haber resistencia por parte de los supervisores de las instituciones financieras. Si la RNA (un modelo predictivo) sugiere que ciertas empresas corren el riesgo de experimentar una crisis, pero un supervisor no está de acuerdo basándose en su experiencia personal, puede optar por ignorar la advertencia de la RNA.

El dilema ético que rodea el proceso de auditoría de las empresas que son falsamente señaladas por posibles problemas es una preocupación importante que debe examinarse a fondo. Es crucial que antes de implementar el sistema, todas las organizaciones que operan bajo él sean conscientes de las limitaciones del sistema y de la posibilidad de cometer errores de Tipo II, lo que podría dar lugar a auditorías por parte del consejo de supervisión. Al asegurarnos de que las personas comprendan las limitaciones del sistema, podemos evitar expectativas poco realistas. Además, es imperativo abordar la seguridad y accesibilidad de la

información proporcionada para mitigar cualquier posible violación de la confidencialidad. Con la implementación de este sistema, más personas tendrán acceso a información potencialmente sensible, por lo que es esencial establecer medidas sólidas que salvaguarden la privacidad.

Para determinar si es factible implementar un sistema de predicción de alerta temprana, es importante realizar un análisis exhaustivo de los costos y beneficios involucrados. Este análisis debería considerar el beneficio financiero potencial, como evitar que las instituciones de crédito quiebren, así como el impacto en la confianza pública. Es necesario justificar los recursos adicionales necesarios para implementar el sistema, incluido personal como constructores de sistemas, personal de mantenimiento y personal de monitoreo y auditoría. Otros recursos necesarios incluyen equipos informáticos, el desarrollo de nuevas normas de cumplimiento para las cooperativas de crédito, capacitación del personal, integración con los sistemas de información existentes y el establecimiento de un departamento adecuado.

Para mostrar de manera efectiva las ventajas potenciales que se pueden obtener al integrar completamente el sistema, puede ser crucial desarrollar un prototipo. Este prototipo puede servir como demostración práctica para la dirección, permitiéndoles presenciar de primera mano los beneficios tangibles que se pueden lograr mediante la implementación completa del sistema. Al hacerlo, es posible persuadir a la dirección para que asigne los recursos y el apoyo necesarios al proyecto. Es igualmente importante asegurar el apoyo y la participación de las personas que participarán directamente en la utilización del sistema. Al involucrarlos en el proceso y obtener su aceptación, resulta más fácil garantizar una transición más fluida y una implementación exitosa. Además, el acto de construir un prototipo proporciona a los creadores del sistema una experiencia y conocimientos invaluables que resultarán beneficiosos cuando se trata de la ejecución real a gran escala del proyecto.

RNA en la predicción de los mercados

La creciente volatilidad de los mercados financieros y la globalización de los flujos de capital resaltan la necesidad de mejorar los pronósticos, los métodos de clasificación y los métodos de reducción de dimensionalidad para tomar mejores decisiones. Durante las últimas dos décadas, ha habido una inestabilidad macroeconómica significativa en América Latina y Asia. Como resultado, los analistas financieros y los tomadores de decisiones están muy interesados en predecir con precisión las tasas de rendimiento, los diferenciales subyacentes y las tasas de incumplimiento en los mercados crediticios nacionales e internacionales.

El mercado de derivados financieros, como las opciones de compra y venta, ha experimentado un crecimiento sustancial, lo que hace que la fijación de precios de estos instrumentos sea crucial para cubrir activos de riesgo y lograr una diversificación óptima de la cartera en las instituciones de inversión internacionales. A medida que la demanda de nuevos productos derivados sigue aumentando, uno de los principales desafíos para los profesionales de los mercados financieros es determinar el precio correcto de estos instrumentos.

Para evitar ser engañados por arbitrajistas internacionales y especialistas en gestión de riesgos, los profesionales de estos mercados deben asegurarse de que sus ofertas de derivados tengan un precio que elimine cualquier potencial de arbitraje. La evaluación precisa del riesgo depende de una comprensión profunda de los factores que determinan las tasas de rendimiento subyacentes (Botta y Wiedemann, 2019). Por lo tanto, una fijación de precios precisa requiere la utilización de modelos que puedan generar predicciones razonablemente precisas incluso cuando se aplican a datos que no se utilizaron durante el desarrollo del modelo.

El proceso de predicción implica obtener información sobre la relación entre diferentes variables y cómo se influyen entre sí en los mercados dinámicos. Para lograrlo, es necesario profundizar en datos históricos para identificar las variables clave que actúan como indicadores confiables para predecir el comportamiento de otras variables. Además, implica comprender el momento de las relaciones de adelanto y retraso entre múltiples variables, determinar la importancia estadística de estas relaciones y reconocer qué variables tienen la mayor importancia en términos de señalar resultados o retornos futuros.

Está claro que si conocemos el modelo subyacente preciso que genera los datos observados en los mercados, podremos obtener los pronósticos más precisos, incluso en presencia de errores de medición. Sin embargo, es muy probable que el verdadero modelo subyacente sea excesivamente complejo o que no estemos seguros de cuál de los numerosos modelos en competencia es el real. Por lo tanto, debemos confiar en aproximaciones del verdadero modelo subyacente mediante el uso de modelos aproximados. Una vez que reconozcamos la presencia de incertidumbre en el modelo y el hecho de que nuestros modelos son meras aproximaciones, los enfoques de redes neuronales surgirán como formidables contendientes del modelo lineal ampliamente aceptado.

El acto de clasificar diferentes oportunidades de inversión o préstamo como riesgos aceptables o inaceptables es una tarea común en las organizaciones financieras y comerciales. Estas organizaciones se esfuerzan por distinguir entre riesgos buenos y malos identificando los rasgos clave de los candidatos a invertir. Por ejemplo, un banco del sector crediticio puede tratar de determinar la probabilidad de incumplimiento de un préstamo para un automóvil considerando características fácilmente identificables como ingresos, años de empleo, años de residencia, nivel de educación, número de dependientes y deuda existente. Además, las organizaciones pueden desear un sistema de clasificación más matizado que varíe desde niveles muy bajos a medios y muy altos de riesgo inaceptable para gestionar eficazmente la exposición a diversos tipos de riesgo. Se ha demostrado que las redes neuronales son muy competentes en esta tarea, superando incluso a los métodos más sofisticados basados en enfoques estadísticos tradicionales.

La reducción de la dimensionalidad también juega un papel crucial en los entornos financieros. A menudo, tendemos a resumir grandes cantidades de datos mediante el uso de medidas como medias, promedios, medianas o medias recortadas, que implican eliminar un cierto porcentaje de valores extremos de la muestra. Tomemos como ejemplo el Promedio Industrial Dow-Jones, que simplemente representa el promedio de los precios de las acciones industriales. De manera similar, Standard and Poor 500 es simplemente el precio promedio de los precios de las 500 acciones más grandes.

Si bien, confiar únicamente en promedios puede resultar engañoso. Consideremos el ejemplo de dos estudiantes: un estudiante recibe la misma calificación en todas las materias, lo que da como resultado una calificación promedio. Por otro lado, otro estudiante puede obtener una A en la mitad de sus materias y una C en la mitad restante. Aunque ambos estudiantes tienen un promedio de B, sus desempeños son muy diferentes. Las calificaciones del primer estudiante se agrupan en torno a una calificación B, mientras que las del segundo estudiante se agrupan en torno a dos calificaciones: una A y una C. Por lo tanto, es crucial determinar si el promedio reportado en las noticias refleja realmente el estado del mercado. reduciendo la dimensionalidad y transmitiendo información significativa.

Mirar hacia adelante y hacer predicciones sobre el futuro, así como utilizar modelos de clasificación y reducción de dimensionalidad, requiere algo más que analizar datos pasados. Utilizamos los coeficientes derivados de datos históricos para adaptarlos a nuevos datos y hacer predicciones, clasificaciones y decisiones para el futuro. Suele decirse que podemos entender la vida reflexionando sobre el pasado, pero también debemos vivirla mirando hacia adelante.

Si bien el pasado puede ser útil para predecir el futuro, es crucial saber qué modelos de aproximación, junto con datos del pasado, deben usarse para pronosticar con precisión eventos futuros. El éxito de la estrategia a mediano plazo de una empresa depende de las perspectivas de cambios de precios y cantidades dentro de su industria específica en los próximos trimestres. En última instancia, la efectividad de los pronósticos de los tomadores de decisiones juega un papel importante en la determinación de los logros de cualquier estrategia.

Los métodos de diagnóstico y pronóstico tienen un impacto significativo en los entornos de toma de decisiones, ya que proporcionan información crucial que permite a los tomadores de decisiones tomar decisiones óptimas. Al analizar los factores que han influido en el pasado y predecir con precisión el futuro, quienes toman decisiones obtienen información valiosa que puede guiar su proceso de toma de decisiones a lo largo del tiempo. Esto es similar a cómo los principios de ingeniería se basan en la comprensión de las leyes subyacentes que gobiernan el

movimiento de las variables en un sistema dinámico para desarrollar reglas de retroalimentación efectivas.

En el contexto de las finanzas, por ejemplo, cuando la Reserva Federal aumenta las tasas de interés a corto plazo, los administradores de cartera deben determinar los ajustes apropiados a sus activos. Comprender cómo los cambios en las tasas de corto plazo afectan las diferentes tasas de rendimiento y las tasas de inflación futuras permite a los funcionarios financieros desarrollar una función de reacción. Esta función de reacción sirve como guía, impulsándolos a cambiar sus inversiones de activos más riesgosos a opciones más seguras y de mayor rendimiento. Nos referimos a este mecanismo de control, que se basa en las leyes que rigen el movimiento del sistema, como una función política. Las organizaciones empresariales, impulsadas por su interés en diagnosticar y predecir resultados, pueden formular funciones de políticas que controlen eficazmente su propio bienestar futuro.

El procedimiento de examinar datos pasados, prever resultados futuros y tomar medidas para gestionarlos son tareas separadas pero interrelacionadas. Aunque las políticas de control no tienen por qué ser estrictas e inmutables, actúan como principios prácticos para mejorar el proceso de toma de decisiones. Al analizar y predecir de manera competente factores como la demanda y su respuesta a las perturbaciones externas, las empresas pueden tomar decisiones bien informadas con respecto a las modificaciones de precios. Como resultado, no sorprende que las divisiones de investigación de diferentes sectores valoren mucho las técnicas de predicción precisas.

Los métodos de previsión precisos desempeñan un papel vital en la gestión eficaz de las carteras de los bancos comerciales y de inversión. Los estrategas de cartera deben tener un conocimiento profundo de la distribución de los rendimientos para poder evaluar los rendimientos esperados en relación con el riesgo. Tradicionalmente, se ha confiado en modelos dinámicos lineales con distribuciones normales o log-normales de rendimientos de activos para analizar y tomar decisiones. Aun cuando, en entornos volátiles, se hace necesario ir más allá de estos supuestos simplistas y profundizar en las complejidades de la aproximación

numérica. Esto significa abandonar la conveniencia de utilizar fórmulas basadas en distribuciones normales y explorar enfoques alternativos. A pesar del desafío adicional, esforzarse para hacerlo puede generar beneficios significativos. Por ejemplo, las empresas pueden comprender mejor cómo los cambios en sus estrategias o los factores externos pueden afectar sus retornos.

Las actividades formales de diagnóstico y previsión, junto con las prácticas de control o toma de decisiones en el ámbito empresarial y financiero, funcionan en armonía para mejorar la eficacia general. Sin embargo, es importante señalar que cada una de estas actividades requiere conjuntos de habilidades distintos y la aplicación de algoritmos diferentes pero interconectados. Al emplear métodos de diagnóstico y predicción, es imperativo poseer conocimientos de técnicas específicas para filtrar o preprocesar datos para lograr una convergencia óptima.

Igualmente, una estimación precisa es crucial para obtener diagnósticos confiables y garantizar la precisión al examinar datos que no pertenecen a la muestra. Por otro lado, tomar decisiones informadas en el ámbito de las finanzas, como determinar cuándo comprar o vender diversos instrumentos o fijar precios adecuados, implica incorporar supuestos particulares sobre cómo clasificar el riesgo y comprender las preferencias de los inversores a la hora de equilibrar riesgo y rendimiento. En consecuencia, los resultados de estas decisiones están fuertemente influenciados por la selección de un índice de preferencia o bienestar que se alinee con niveles aceptables de riesgo y rendimientos deseados durante un período de tiempo determinado.

Mirándolo desde cierto punto de vista, se puede considerar que la influencia fluye en una dirección, abarcando una amplia gama de actividades, como métodos de diagnóstico y pronóstico, que impactan directamente en la toma de decisiones comerciales y financieras. Estos métodos de diagnóstico y pronóstico tienen el propósito de proporcionar información valiosa o hechos estilizados sobre las tasas de rendimiento anticipadas y su nivel asociado de volatilidad. Los pronósticos desempeñan un papel fundamental a la hora de determinar las estrategias de fijación de precios adoptadas por las empresas para sus productos, además de influir en el

precio de instrumentos financieros como opciones de compra o venta y otras formas complejas de derivados.

Por otro parte, es importante considerar que podría haber un intercambio recíproco de retroalimentación o influencia. El conocimiento de los objetivos de los directivos o de sus medidas de bienestar, que pueden obtenerse mediante encuestas, puede servir como un indicador valioso para los modelos de previsión, especialmente en entornos inestables. De manera similar, el riesgo o la volatilidad estimados obtenidos de los modelos de pronóstico y el riesgo implícito observado en los mercados financieros a través de decisiones de fijación de precios para opciones o swaps pueden diferir significativamente cuando existe un alto nivel de incertidumbre sobre el estado futuro de la economía. En ambos escenarios, la información derivada de las expectativas de las encuestas o de las volatilidades implícitas basadas en los precios de los derivados financieros puede utilizarse como herramientas adicionales para mejorar la precisión de los modelos de pronóstico de las tasas de rendimiento subyacentes. También puede resultar interesante predecir las volatilidades implícitas utilizando los precios de las opciones.

Así, la elección de qué índice de precios utilizar para medir y predecir la inflación puede variar dependiendo de las intenciones del individuo que busca esta información. Si el propósito es ayudar a la autoridad monetaria a controlar las presiones inflacionarias y establecer políticas, entonces los índices de precios con altos niveles de volatilidad a corto plazo pueden no ser adecuados. Esto se debe a que una medida excesivamente volátil del nivel de precios podría dar lugar a reacciones exageradas a la hora de determinar los tipos de interés a corto plazo. Aunque, si la medida de precios es demasiado indulgente, podría dar lugar a una política monetaria pasiva que no afronte adecuadamente las crecientes presiones inflacionarias. Por lo tanto, es beneficioso extraer información de una variedad de índices de precios o tasas de rendimiento para identificar movimientos del mercado o fuerzas impulsoras fundamentales. Los enfoques de redes neuronales pueden ser particularmente efectivos para lograr esto.

A diferencia de disciplinas como la física o la ingeniería, el proceso de medición y análisis de datos para diagnóstico y pronóstico en campos como las

finanzas no se distingue tan claramente de los objetivos e intenciones de los investigadores, los tomadores de decisiones y los participantes del mercado. Este es un punto sutil pero crucial que conviene subrayar. Cuando creamos modelos para aproximar las tasas de rendimiento en los mercados financieros, lo que esencialmente estamos haciendo es intentar pronosticar las predicciones hechas por otros. Las fluctuaciones en las tasas de rendimiento ocurren en respuesta a noticias tanto públicas como privadas, ya que los comerciantes reaccionan a estas noticias comprando o vendiendo activos. Para captar mejor el verdadero modelo subyacente, debemos considerar cómo los operadores (individuos muy parecidos a nosotros) aprenden, procesan información y toman decisiones al formular nuestros propios modelos.

En los últimos años, ha habido un interés creciente en la investigación macroeconómica. Esta investigación arroja luz sobre el hecho de que los tomadores de decisiones que pretendemos representar con nuestros modelos no poseen una racionalidad completa ni una comprensión omnisciente de su entorno financiero. Al igual que nosotros, ellos tienen que aprender y adaptarse a las circunstancias en constante cambio. En vista de esto, los métodos de redes neuronales han surgido como una opción natural para aproximar los mercados financieros. Originariamente arraigadas en las ciencias cognitivas y del cerebro, las redes neuronales proporcionan un medio para comprender cómo se procesa la información y se transforma en conocimiento. En la sección siguiente, profundizaremos en la estructura de los marcos de redes neuronales típicos para demostrar este punto. Vale la pena señalar que el análisis realizado utilizando redes neuronales se reconoce cada vez más como un componente crucial de la comprensión filosófica del conocimiento en finanzas empíricas.

Una parte importante del progreso inicial en el estudio de las redes neuronales se ha producido en los campos de la psicología, la neurociencia y la ingeniería. Este progreso se ha centrado predominantemente en la resolución de problemas de reconocimiento de patrones. De manera similar, los algoritmos genéticos, que se utilizan para implementar prácticamente redes neuronales, han seguido una trayectoria de desarrollo comparable en el ámbito de las matemáticas

aplicadas. Estos algoritmos se han utilizado principalmente para optimizar sistemas dinámicos discretos y no lineales, y ahora se han expandido al ámbito de la ingeniería de datos.

Por lo tanto, existe un problema importante con la interfaz que puede ser comprensible tanto para estudiantes como para profesionales que han recibido su educación básica en estadística clásica y econometría. Numerosas terminologías utilizadas en el campo del aprendizaje profundo pueden parecer desconocidas o peculiares para personas con esa formación. Para ilustrar, el concepto de modelo se denomina arquitectura y, en lugar de estimar una arquitectura de red, nos dedicamos a entrenarla. Así también, los investigadores suelen trabajar con un único conjunto de datos de entrenamiento y un conjunto de datos de prueba separado, en lugar de utilizar datos dentro y fuera de la muestra. Además, los coeficientes en el aprendizaje profundo se conocen comúnmente como ponderaciones, mientras que los términos constantes se denominan sesgos.

Adicionalmente a las diferencias de significado y vocabulario, existen numerosas aplicaciones de redes neuronales e inteligencia artificial que no tienen mucha relevancia para los profesionales de las finanzas. Incluso si tienen cierta relevancia, es posible que no se ajusten bien a las necesidades y requisitos específicos de los profesionales financieros. Por ejemplo, el reconocimiento de patrones se utiliza con frecuencia en la investigación lingüística para identificar y traducir las letras del alfabeto. Sin embargo, sería más interesante explorar la identificación de patrones recurrentes, como las burbujas financieras en los datos de rendimiento de activos de alta frecuencia, o los patrones observados en la estructura temporal de las tasas de interés.

De manera similar, un número considerable de publicaciones sobre mercados financieros realizadas por investigadores de redes neuronales poseen una naturaleza ad hoc, careciendo de cualquier conexión con el marco teórico más amplio y los supuestos de comportamiento fundamentales que sustentan la economía y las finanzas. En consecuencia, lamentablemente, una parte importante de esta investigación no logra obtener una consideración seria por parte de la comunidad académica en general en los campos de la economía y las finanzas.

La razón por la que el enfoque de las redes neuronales es tan atractivo es porque reconoce el hecho de que nuestra capacidad para tomar decisiones racionales en los mercados financieros es limitada. En otras palabras, cuando intentamos predecir resultados futuros en estos mercados, esencialmente estamos tratando de predecir lo que otros individuos van a predecir o estimar. Esto significa que los participantes en los mercados financieros están constantemente involucrados en un proceso de aprendizaje, en el que ajustan sus propias creencias y expectativas en función de errores previos que han cometido.

El enfoque de las redes neuronales es muy atractivo en este contexto debido a su capacidad para facilitar respuestas umbral por parte de quienes toman decisiones económicas cuando se enfrentan a cambios en las políticas o variables exógenas. Sin embargo, a medida que la tasa de interés sigue subiendo, los inversores se vuelven cada vez más atentos. Si la tasa de interés supera un umbral crítico, digamos el 5%, puede desencadenar una reacción masiva o una "caída" en el mercado, lo que provocaría una venta masiva de acciones y una carrera hacia títulos gubernamentales más seguros (Girault et al., 2016).

El concepto gira en torno a la noción de que los administradores económicos no reaccionan de manera lineal y proporcional a los cambios en los factores externos, sino que exhiben respuestas asimétricas y no lineales. Las redes neuronales proporcionan un enfoque intuitivo para capturar este comportamiento complejo en la toma de decisiones económicas y financieras. Al comparar las redes neuronales con los modelos econométricos clásicos, una diferencia notable es que las redes neuronales no se basan en hipótesis específicas sobre los valores de los coeficientes o la forma funcional que conecta el regresor observado x con el resultado y. De hecho, a menudo resulta complicado interpretar el significado de los coeficientes estimados en las redes neuronales, a diferencia de los modelos econométricos tradicionales, donde los coeficientes tienen interpretaciones bien definidas. Esta divergencia con la econometría convencional resalta el énfasis contrastante puesto en la obtención de estimaciones precisas y consistentes de parámetros o coeficientes.

En el ámbito de la economía, los economistas tienden a confiar en algoritmos numéricos que se basan en supuestos de datos continuos o "blandos" cuando utilizan

modelos no lineales (Hillier y Liberman, 2010). Sin embargo, estos métodos a menudo resultan inadecuados, lo que conduce a fallas o requiere estimaciones repetidas para garantizar que las estimaciones obtenidas no representen simplemente una de las muchas posiciones óptimas locales potenciales. Para superar este desafío, los investigadores han recurrido al uso de algoritmos genéticos y otros algoritmos de búsqueda evolutiva, que brindan la capacidad de trabajar con discontinuidades y aumentan la probabilidad de identificar el óptimo global. Si bien esto es ciertamente alentador, la desventaja es que debemos estar preparados para tener paciencia, ya que puede llevar un poco más de tiempo obtener los resultados deseados.

El uso de estos métodos es particularmente aplicable en los sectores financieros de los mercados emergentes, así como en mercados que experimentan un alto nivel de innovación y cambio. Hay dos razones interrelacionadas para esto. En primer lugar, los datos en estos mercados suelen ser ruidosos debido a la disponibilidad limitada del mercado o a las noticias que se difunden rápidamente, lo que genera asimetrías y no linealidades que no pueden ignorarse. En segundo lugar, los participantes en estos mercados a menudo se encuentran en un proceso de aprendizaje, tratando de comprender los acontecimientos políticos y los cambios en la organización del mercado mediante prueba y error. Las estimaciones de parámetros de una red neuronal, que utilizan los participantes del mercado para hacer pronósticos y decisiones, son en sí mismas el resultado de un proceso de aprendizaje y búsqueda.

La predicción de la rentabilidad bursátil

Durante las últimas décadas, los mercados financieros han experimentado cambios significativos gracias al surgimiento de plataformas avanzadas de comunicación y negociación, que han permitido que un mayor número de inversores accedan a los mercados, conllevado a una transformación de la teoría tradicional del mercado de capitales y a una mejora de los métodos de análisis financiero.

Los investigadores han estado intrigados durante mucho tiempo por la predicción de los rendimientos de las acciones, que normalmente implica examinar la relación entre la información fundamental disponible públicamente del pasado y los rendimientos futuros de las acciones o índices. Este enfoque desafía la hipótesis del mercado eficiente, que sostiene que toda la información relevante se incorpora rápidamente a los precios de las acciones, lo que hace imposible predecir los rendimientos futuros. Si bien, hay pruebas contradictorias que sugieren que es posible que los mercados no siempre sean plenamente eficientes, lo que deja espacio para la posibilidad de predecir rendimientos futuros con resultados mejores que las probabilidades.

Tomando en consideración las investigaciones realizadas es evidente que existe evidencia que respalda la previsibilidad de los rendimientos del mercado de valores utilizando información disponible públicamente, como datos de series temporales sobre variables financieras y económicas. Los estudios destacan la importancia de variables como las tasas de interés, las tasas de crecimiento monetario, los cambios en la producción industrial y las tasas de inflación para predecir una parte de los rendimientos de las acciones (Lidiema et al., 2018).

Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de estos estudios se basan en supuestos de regresión lineal simple, a pesar de la falta de evidencia que respalde una relación lineal entre los rendimientos de las acciones y las variables financieras y económicas. Como existe una cantidad considerable de varianza residual en los rendimientos reales de las acciones en comparación con las predicciones hechas por ecuaciones de regresión, es posible que la utilización de modelos no lineales pueda explicar esta varianza residual y proporcionar pronósticos más precisos de los movimientos del precio de las acciones.

Debido a la prevalencia de supuestos lineales en las técnicas de modelización actuales, se vuelve esencial considerar un método de análisis financiero que incorpore el análisis no lineal de los mercados financieros integrados. Aunque se puede realizar una regresión no lineal, la mayoría de estas técnicas requieren la especificación de un modelo no lineal antes de determinar las estimaciones de los

parámetros. Sin embargo, las redes neuronales presentan una técnica de modelado no lineal que puede superar estos desafíos.

Para Johnson y Padilla (2005) las redes neuronales ofrecen un enfoque único que no requiere especificación previa durante el proceso de modelado, ya que aprenden de forma autónoma la relación inherente entre variables. Esto es particularmente valioso en la inversión en valores y otras áreas financieras donde abundan las suposiciones y se sabe poco sobre los procesos subyacentes que determinan los precios de los activos. Además, las redes neuronales brindan la ventaja de opciones de arquitectura flexibles, algoritmos de aprendizaje y procedimientos de validación.

Capítulo 2

RNA y la competencia dentro de los mercados financieros

En la economía global en rápida evolución, los algoritmos y las RNAs se han convertido en herramientas indispensables para empresas de diversos sectores. Las redes neuronales artificiales (RNA) son los componentes básicos para el desarrollo de algoritmos avanzados de inteligencia artificial (IA) que impulsan varios sistemas modernos. Sin embargo, comprender las complejidades de las RNA y establecer estrategias efectivas para facilitar el aprendizaje exitoso de las RNA puede plantear desafíos.

La adopción generalizada de la IA, incluida la revolucionaria IA generativa, ha atraído una atención significativa y generado un entusiasmo considerable. Los gobiernos y los formuladores de políticas de todo el mundo participan activamente en tratar de comprender y aprovechar los beneficios potenciales y al mismo tiempo mitigar los riesgos potenciales que plantean los algoritmos y la IA. Además, las autoridades de competencia también están vigilando de cerca estos avances tecnológicos transformadores para garantizar prácticas justas y éticas dentro del mercado.

En 2017, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) organizó una mesa redonda sobre el tema Algoritmos y colusión. El foco de esta discusión fue el papel potencial de los algoritmos para facilitar la colusión, particularmente en forma de colusión tácita OECD (2023). La discusión destacó específicamente la amenaza que representan los algoritmos autónomos de autoaprendizaje, como los algoritmos de aprendizaje automático, que tienen la capacidad de producir resultados colusorios sin una programación explícita para hacerlo. La cuestión de la colusión algorítmica sigue siendo una preocupación para las autoridades de competencia (González y Martínez, 2020). Si bien, experiencias posteriores de estas autoridades han revelado que el daño algorítmico a la competencia se extiende más allá de los efectos coordinados, como se explicará en detalle en este documento.

En los últimos años, varias autoridades de competencia han publicado documentos de políticas que analizan la conexión entre los algoritmos y la competencia. Por ejemplo, la Autoridad de Competencia y Mercados del Reino Unido, la Autoridad Danesa de Competencia y Consumidores de Dinamarca, la Autoridad Finlandesa de Competencia y Consumidores de Finlandia, la Comisión de Comercio Leal del Japón, la Autoridad Noruega de Competencia de Noruega, la Autoridad Sueca de Competencia de Suecia, la Autoridad de Consumidores y Mercados de los Países Bajos, La Autoridade da Concorrência de Portugal y un documento conjunto de la Autorité de la concurrence & Bundeskartellamt de Francia y Alemania han publicado dichos documentos (OECD, 2023). Estos artículos han cubierto una variedad de temas, incluida la prevalencia de los algoritmos de fijación de precios, las teorías algorítmicas del daño tanto coordinadas como unilaterales y los métodos para investigar los algoritmos. Este documento de referencia sigue un alcance y una estructura similares. En las siguientes secciones, exploraremos algunos de los hallazgos clave descritos en este documento.

Un algoritmo es una serie de pasos que convierten una entrada en una salida. Los algoritmos sirven para diferentes propósitos y este documento destaca específicamente la importancia de los algoritmos de búsqueda, recomendación, asignación, monitoreo y fijación de precios. Los documentos de política de las autoridades de competencia han puesto un énfasis significativo en el papel de estos algoritmos. Tienen el potencial de mejorar la competencia y aumentar la eficiencia. Por ejemplo, los algoritmos ayudan al desarrollo de productos innovadores y superiores, disminuyen los gastos de producción, eliminan los obstáculos a la entrada al mercado, minimizan los costos de búsqueda y mejoran el equilibrio entre la oferta y la demanda. No obstante, los algoritmos también pueden tener efectos adversos al reducir la competencia y afectar negativamente a los consumidores.

Una multitud de autoridades de competencia han realizado extensas encuestas entre varias empresas para obtener una comprensión integral de cómo se utilizan los algoritmos en la economía en general. Si bien estas encuestas fueron limitadas en términos de tamaño de muestra, los datos recopilados indican claramente que las empresas que operan en la esfera en línea tienden a depender en

gran medida de algoritmos de seguimiento y emplean estrategias de precios dinámicas. Por otro lado, parece haber una notable ausencia de prácticas de fijación de precios personalizadas entre estas empresas. Sin embargo, la creciente abundancia de datos relacionados con los clientes ha facilitado la viabilidad de implementar técnicas de fijación de precios personalizadas.

Los tipos de algoritmos

En el panorama empresarial actual, los algoritmos se han convertido en una parte integral de las operaciones de las empresas y sirven para una multitud de propósitos, como desarrollar productos innovadores y mejorar los existentes. La utilización de algoritmos ha allanado el camino para el surgimiento de nuevos mercados en línea, al tiempo que ha provocado importantes perturbaciones en industrias tradicionalmente fuera de línea (Aragonés, 2019). Con sus amplias capacidades, los algoritmos cumplen diversas funciones y han llamado la atención de las autoridades de competencia, particularmente en lo que respecta a los algoritmos de fijación de precios. Debido a las preocupaciones en torno a la colusión algorítmica y la fijación de precios personalizados, las autoridades de competencia han centrado su atención en comprender y regular estos algoritmos.

Un algoritmo es esencialmente una serie de pasos que se siguen para transformar una entrada en una salida. En la nota de antecedentes de la Mesa Redonda sobre Algoritmos y Colusión, la OECD define un algoritmo como una lista precisa e inequívoca de operaciones simples que se aplican mecánica y sistemáticamente a un conjunto de fichas u objetos, como piezas de ajedrez, números o ingredientes (OECD, 2023).

El estado inicial de estos tokens representa la entrada, mientras que el estado final representa la salida. Si bien, es posible que esta definición no capte completamente la complejidad de los algoritmos de IA modernos, que han evolucionado significativamente en los últimos años. Para proporcionar una comprensión más clara, clasificamos estos algoritmos según su función y tecnología. Al hacerlo, podemos establecer una definición más concreta de los tipos específicos de algoritmos que existen.

Los algoritmos se desarrollan y utilizan para diversos fines y es útil categorizarlos según su tipología funcional. Esta tipología, basada en los trabajos de Latzer y la Autoridad de Consumidores y Mercados, ayuda a clasificar los algoritmos según sus funciones previstas. Al considerar estas clasificaciones, podemos comprender mejor los tipos específicos de algoritmos:

- Búsqueda: Presentación y ordenación de información basada en datos de entrada específicos (por ejemplo, búsqueda en Google, Bing o Baidu), que puede ser una búsqueda de productos o servicios (por ejemplo, Amazon o Booking.com).
- Recomendación: Recomendación de información o productos específicos basada principalmente en datos sobre el usuario (incluidos datos de comportamiento), el producto y/u otros parámetros (por ejemplo, Spotify o Netflix).
- Asignación: la ejecución automatizada de transacciones así como la distribución y asignación de la oferta y la demanda. Piense en las ofertas automatizadas en línea en tiempo real de Google Adsense, que relacionan a un cliente con un taxi disponible (por ejemplo, Uber) o el comercio algorítmico (por ejemplo, Quantopian).
- Vigilancia o vigilancia: la observación de comportamientos y patrones para identificar anomalías, incluida la detección de fraude en los datos de las transacciones, el seguimiento de los empleados (por ejemplo, Spector, Sonar Spytec) o el software de seguimiento general (por ejemplo, Webwatcher). También podría referirse a la vigilancia del mercado para rastrear el comportamiento de los competidores y las decisiones estratégicas, como la fijación de precios (por ejemplo, Wiser Solutions o Intelligence Node).
- Precios: Establecer o recomendar precios basados en datos sobre características observables del cliente o condiciones del mercado (por ejemplo, Rainmaker Group o A2i Pricecast Fuel).

- Agregación: recopilación, categorización y reorganización de información de diferentes fuentes. Por ejemplo, agregadores de noticias (p. ej. Google News o nachrichten.de).
- Comunicación: comunicación automatizada con consumidores y/o empresas. Considere las comunicaciones entre consumidores y chatbots o asistentes virtuales que se comunican con terceros en nombre de los consumidores (por ejemplo, Siri, Alexa o Google Assistant).
- Filtro: el filtrado (especialmente en segundo plano) de información y datos. Por ejemplo, considere los filtros de spam o los filtros para excluir material protegido por derechos de autor (por ejemplo, Norton o Net Nanny).
- Producción de información: la producción de información. Piense en los informes automatizados de noticias o eventos deportivos, mercados de valores y cotizaciones de acciones (por ejemplo, Quill, Quakebot o GPT-4).
- Predicción: predecir comportamientos o escenarios futuros (por ejemplo, PredPol, Sickweather o ScoreAhit).
- Puntuación: Puntuación u ordenación de información, productos, empresas y/o consumidores. Piense en las puntuaciones de reseñas en línea (por ejemplo, el Sistema de reputación de eBay) y las puntuaciones de crédito del consumidor (por ejemplo, Kreditech).

Los algoritmos también se pueden clasificar según el tipo de tecnología que utilizan. Estos algoritmos se basan principalmente en RNAs con inteligencia artificial (IA), aprendizaje automático y aprendizaje profundo. Dentro del dominio más amplio de la IA, el aprendizaje automático surge como un subcampo específico que se centra en el desarrollo de algoritmos y técnicas que permiten a las máquinas aprender y mejorar de forma autónoma a partir de la experiencia y los datos.

Al emplear procesos iterativos, estos algoritmos mejoran su rendimiento y hacen predicciones o decisiones precisas sin estar programados explícitamente para cada tarea específica. El aprendizaje automático se considera un componente fundamental de la IA, ya que permite a las máquinas adaptarse y evolucionar en

función de la información que reciben, lo que conduce a una mayor eficiencia y precisión en sus operaciones.

La inteligencia artificial (IA) es el campo interdisciplinario que implica el estudio y desarrollo de máquinas inteligentes capaces de realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana. Abarca varios enfoques científicos y de ingeniería destinados a crear máquinas que posean capacidades cognitivas, como la percepción, el razonamiento, el aprendizaje y la resolución de problemas.

El aprendizaje profundo, por otro lado, es un subcampo del aprendizaje automático que se inspira en la estructura y el funcionamiento del cerebro humano. Su objetivo es imitar el comportamiento de las neuronas mediante el uso de redes neuronales artificiales. Estas redes constan de capas interconectadas de unidades computacionales, conocidas como neuronas artificiales, que procesan y transmiten información. Al simular la compleja interconexión de las neuronas, los algoritmos de aprendizaje profundo pueden extraer y analizar patrones, relaciones y representaciones de grandes cantidades de datos. Esto permite a las máquinas realizar tareas complejas, como reconocimiento de imágenes y voz, procesamiento del lenguaje natural y toma de decisiones, con notable precisión.

Esencialmente, la inteligencia artificial abarca el campo más amplio de la creación de máquinas inteligentes, mientras que el aprendizaje automático se centra en el desarrollo de algoritmos que permitan a las máquinas aprender y mejorar a partir de la experiencia y los datos. El aprendizaje profundo profundiza aún más en el ámbito del aprendizaje automático al replicar la estructura neuronal del cerebro humano, permitiendo a las máquinas realizar tareas cognitivas sofisticadas (Díaz, 2021). Juntos, estos subcampos de la IA contribuyen al avance de la tecnología y la creación de sistemas inteligentes que pueden revolucionar diversas industrias y mejorar nuestra vida diaria.

El aprendizaje automático se puede clasificar en tres tipos principales: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por refuerzo. El aprendizaje supervisado implica que el algoritmo adquiera conocimientos a partir de los datos de entrenamiento, que consisten en asignaciones de entrada y salida, para hacer predicciones sobre nuevos datos de entrada.

Por otro lado, el aprendizaje no supervisado se centra en que el algoritmo aprenda la estructura subyacente de los datos de entrada, a menudo a través de métodos como la agrupación. Por último, el aprendizaje por refuerzo adopta un enfoque diferente al utilizar un enfoque de prueba y error, donde el algoritmo ajusta los valores de entrada y observa las recompensas resultantes para maximizar el rendimiento general. Estos distintos tipos de técnicas de aprendizaje automático ofrecen varias formas de abordar y resolver diferentes tipos de problemas en el campo.

Los algoritmos de aprendizaje profundo suelen estar compuestos por numerosas capas de redes neuronales artificiales. Son particularmente ventajosos cuando se trata de problemas complejos que involucran conjuntos de datos extensos y multidimensionales como texto, voz, imágenes y videos (França et al., 2021). Cuando se trabaja con grandes conjuntos de datos en el aprendizaje automático, a los analistas les puede llevar mucho tiempo seleccionar manualmente las características relevantes para sus modelos.

Aun cuando, los algoritmos de aprendizaje profundo pueden automatizar este proceso, reduciendo así el tiempo y los gastos asociados con la selección de funciones. Sin embargo, esta automatización también presenta desafíos en términos de interpretabilidad, transparencia y explicabilidad. Se vuelve difícil comprender los factores en los que se ha basado el modelo y cómo se han ponderado, lo que dificulta comprender el proceso de toma de decisiones de un modelo de aprendizaje profundo. En consecuencia, auditar algoritmos de aprendizaje profundo resulta ser una tarea más compleja.

Se ha prestado mucha atención a los modelos centrales de IA, que sirven como base para la IA generativa. Lanzamientos de alto perfil como ChatGPT de OpenAI y Bard de Google han puesto estos modelos en el centro de atención. El lanzamiento más reciente de OpenAI, GPT-4, es un modelo de lenguaje avanzado que incorpora técnicas de aprendizaje profundo para predecir secuencias de palabras y generar texto. Si bien esta tecnología no es nueva, los debates políticos en curso están abordando preocupaciones sobre los posibles riesgos antimonopolio y

la regulación de los algoritmos generativos de IA, así como sus similitudes con los algoritmos de búsqueda y recomendación.

La OECD ha esbozado las diversas consideraciones tecnológicas, socioeconómicas y políticas de los modelos de lenguaje de IA en un documento reciente. Además, la Autoridad de Mercados y Competencia del Reino Unido (CMA) ha anunciado una revisión del mercado de los modelos básicos de IA para comprender mejor su evolución potencial, las oportunidades y riesgos que presentan, y cómo los principios de competencia y protección del consumidor pueden guiar estos mercados en el futuro. futuro.

El Foro de Cooperación Regulatoria Digital del Reino Unido (DRCF) ha descrito previamente varias áreas que merecen una mayor investigación debido a su novedad o rápido desarrollo. Estas áreas incluyen tecnologías de Inteligencia Artificial (IA), que abarcan el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo, así como tecnologías que mejoran la privacidad. Además, vale la pena considerar las tecnologías de contabilidad distribuida como blockchain, que pueden contribuir al avance de la Web 3.0. Otras tecnologías dignas de mención incluyen la computación en la nube, las tecnologías cuánticas, los dispositivos de Internet de las cosas (IoT), como asistentes de voz y tecnologías portátiles, tecnologías de ciberseguridad, tecnologías inmersivas como la realidad virtual y aumentada, tecnologías publicitarias y tecnologías biométricas. La literatura académica también proporciona explicaciones básicas de estas tecnologías, como blockchain, inteligencia artificial y computación en la nube (Butijn, 2023).

Ventajas de los algoritmos

Los algoritmos han demostrado ser muy ventajosos para los consumidores, ya que no solo mejoran su experiencia general, sino que también abren nuevas oportunidades de mercado y, al mismo tiempo, alteran las existentes, como afirma la Autoridad de Mercados y Competencia. La llegada de nuevos productos digitales ha contribuido significativamente a la mejora de los niveles de vida y ha obtenido un inmenso valor para los consumidores. Por ejemplo, un estudio realizado en 2017 reveló que los motores de búsqueda eran la categoría de bienes digitales más

buscada, y un usuario promedio otorgaba un valor de 17.530 dólares al acceso a estos motores de búsqueda, como destaca Brynjolfsson et al. (2019). Es importante reconocer que los productos digitales se están convirtiendo constantemente en un componente crucial de la economía global, siendo particularmente notable el crecimiento de la IA en los últimos años, y los expertos predicen que este crecimiento seguirá aumentando durante el resto de esta década.

Los algoritmos han sido ampliamente reconocidos por su capacidad para generar mejoras significativas en la eficiencia y fomentar un entorno más competitivo. Estas mejoras pueden observarse tanto en términos de eficiencias del lado de la demanda como de la oferta. Se ha descubierto que el uso de algoritmos de fijación de precios, en particular, produce beneficios sustanciales al aumentar la eficiencia y reducir los costos asociados con las transacciones. Este reconocimiento del impacto positivo de los algoritmos en la eficiencia y la reducción de costos (Descamps et al., 2021).

Los algoritmos tienen el potencial de mejorar significativamente la eficiencia y fomentar la competencia de diversas maneras. Para empezar, pueden actuar como catalizadores de innovaciones disruptivas que conduzcan a la creación de productos nuevos o mejorados. Esto permite personalizar y adaptar los productos para satisfacer las necesidades específicas de los consumidores. Además, los algoritmos tienen la capacidad de reducir costos optimizando los procesos de producción o mejorando la productividad de los trabajadores. Esta reducción de costes puede resultar especialmente ventajosa para las empresas.

Asimismo, los algoritmos pueden derribar las barreras de entrada al proporcionar a los recién llegados más pequeños información valiosa sobre el mercado y facilitar el desarrollo de productos disruptivos a costos más bajos. Además, los algoritmos pueden simplificar el proceso para los clientes al reducir sus costos de búsqueda. Lo logran presentando una gama de productos adecuados con información completa sobre aspectos competitivos clave como el precio, la calidad y las preferencias del consumidor. Por ejemplo, los sitios web de comparación de precios ofrecen rápidamente a los consumidores comparaciones de precios entre

diversos bienes y servicios. Las herramientas de seguimiento de precios también notifican a los clientes cuando los precios son excepcionalmente bajos.

También, la inteligencia artificial incluso se emplea para el reconocimiento de productos, lo que facilita a los consumidores localizar los artículos deseados. Por último, la fijación de precios dinámica, posible gracias a algoritmos, permite una optimización de los precios que se adapta a las fluctuaciones del mercado. En resumen, los algoritmos tienen el potencial de revolucionar la eficiencia y la competencia en diversos ámbitos.

Sin embargo, a pesar de los numerosos impactos beneficiosos que los algoritmos tienen en la promoción de la competencia, también pueden tener consecuencias negativas que impiden la competencia y afectan negativamente a los consumidores. Estos posibles perjuicios a la competencia se explorarán a fondo en el capítulo siguiente.

La prevalencia de los algoritmos de fijación de precios

La incorporación de algoritmos en diversos mercados a nivel global ha supuesto una transformación importante. Estos algoritmos se utilizan tanto en los mercados en línea como fuera de línea, lo que afecta a una amplia gama de industrias. Si bien actualmente no existe una visión general completa del grado en que se confía en los algoritmos, recientes encuestas específicas realizadas por investigadores y autoridades de competencia han proporcionado cierta evidencia sobre su prevalencia. En particular, estas encuestas profundizan particularmente en el uso de algoritmos en las estrategias de fijación de precios dentro de diferentes sectores del mercado.

Una parte importante de la literatura existente se centra en la utilización de algoritmos con el fin de gestionar y determinar precios. Es fundamental hacer una distinción entre diferentes tipos de algoritmos de fijación de precios, a saber, aquellos que ejercen control sobre los precios de otras empresas (denominados algoritmos de control de precios), aquellos que sugieren o establecen automáticamente un precio basado en los precios de otras empresas y /o condiciones del mercado como la demanda (conocidos como algoritmos de fijación de precios

dinámicos) y aquellos que adaptan los precios a los consumidores individuales en función de sus características específicas (denominados algoritmos de fijación de precios personalizados). En un estudio exhaustivo realizado por Seele et al. (2021), se proporciona una revisión exhaustiva de artículos académicos relacionados con algoritmos de precios dinámicos y personalizados.

Durante una mesa redonda, la OECD exploró el concepto de precios personalizados y encontró dificultades para evaluar su prevalencia debido a la escasez de ejemplos concretos. Sin embargo, desde entonces, varias encuestas realizadas por autoridades de competencia e investigadores han intentado arrojar luz sobre la prevalencia de los algoritmos de fijación de precios. Estas encuestas, indican que un número significativo de empresas emplean algoritmos de fijación de precios, aunque hay pruebas limitadas de fijación de precios personalizados. Además, la evidencia sugiere que la utilización de algoritmos de fijación de precios ha experimentado un rápido aumento tanto en los mercados en línea como fuera de línea.

En este contexto, existe una colección de estudios realizados tanto por autoridades de competencia como por investigadores académicos. Los estudios realizados por las autoridades de competencia proceden principalmente de varios países europeos, como la Unión Europea, Dinamarca, los Países Bajos, Noruega, Portugal y el Reino Unido. Por otro lado, también existen estudios académicos que provienen de jurisdicciones no europeas como Singapur y Estados Unidos. Avanzando un poco más en la línea de tiempo, Perrotini (2015) estudió el efecto de aumentar el crédito para incitar el consumo, la inversión y el crecimiento económico utilizando la función logística acumulativa y series de Taylor. El objetivo era analizar los fundamentos y los límites de la política monetaria no convencional practicada durante la recesión monetaria de Estados Unidos (2007-2009), para contener el pavor financiero, soslayar el riesgo de deflación y estimular la endeble redención de la economía.

Por lo general, estos estudios implican encuestas dirigidas a una muestra específica de empresas dentro de la jurisdicción que se estudia. Estas encuestas suelen realizarse una sola vez, proporcionando una instantánea de la situación en

un momento determinado, y se llevan a cabo durante un período de uno o dos meses. El año específico en el que se realizaron las encuestas varía según la jurisdicción, abarcando desde 2015 hasta 2021 (OECD, 2021). Las encuestas a menudo dan prioridad a las empresas con presencia en línea, que van desde un tamaño de muestra de 38 hasta potencialmente miles de empresas. Si bien algunas encuestas cubren empresas de diversos sectores de la economía, otras se centran específicamente en sectores que tienen un número significativo de empresas con presencia en línea.

Si bien algunos de estos estudios son limitados en tamaño y frecuencia, lo que significa que no pueden proporcionar evidencia definitiva sobre la prevalencia de los algoritmos de fijación de precios (OECD, 2023). Es difícil sacar conclusiones generales de estos estudios debido a su número limitado. Sin embargo, con base en la evidencia presentada se puede observar que:

- un número significativo de empresas de diversas industrias, particularmente aquellas con presencia en línea, utilizan algoritmos de seguimiento de precios, aunque el alcance de este uso puede variar dependiendo de la jurisdicción;
- entre estas empresas, la mayoría ajusta manualmente sus precios o se basa en algoritmos de precios dinámicos para las recomendaciones de precios, mientras que sólo una pequeña parte utiliza algoritmos que actualizan automáticamente sus precios; y
- no hay muchos indicios de precios personalizados.

En esencia, los algoritmos de seguimiento de precios y los algoritmos de fijación de precios dinámicos son relativamente comunes en los mercados en línea, mientras que los precios personalizados son menos frecuentes.

De igual forma, los informes de investigación de mercado antes mencionados que evalúan a los proveedores que suministran software de optimización y gestión de precios, también muestra un enfoque específico en el software de algoritmos de precios minoristas, que está dirigido principalmente a industrias fuera de línea como comestibles, moda/indumentaria. y grandes almacenes. La adopción de algoritmos

de fijación de precios parece estar bastante extendida: se estima que 1.800 empresas en todo el mundo utilizaron este software en 2020.

Los proveedores de software afirman con confianza que la implementación de esta tecnología puede generar mayores ingresos y mayores márgenes de beneficio. Sin embargo, vale la pena señalar que existe evidencia limitada que sugiere que los precios personalizados se utilizan ampliamente. Según la economía del comportamiento, los consumidores generalmente tienen una percepción negativa de los precios personalizados.

Si bien pueden aceptar ciertas formas de discriminación de precios de tercer grado, como tarifas con descuento para personas mayores o niños, cuando estas prácticas están culturalmente establecidas, los precios personalizados a menudo se ven desfavorablemente debido a su falta de transparencia. Como resultado, las empresas pueden optar por evitar implementar estrategias de precios personalizadas para proteger su reputación o pueden ser menos comunicativas y abiertas sobre el uso de dichas estrategias. Esta falta de evidencia que respalde la adopción generalizada de precios personalizados puede atribuirse a estos factores.

Las teorías algorítmicas de los daños

Las teorías algorítmicas del daño abarca tanto comportamientos coordinados, conocidos como colusión algorítmica, como comportamientos unilaterales, denominados comportamientos algorítmicos de exclusión y explotación. Es preciso hacer una clara distinción entre algoritmos de fijación de precios, que pueden facilitar ambos tipos de conducta, y otros tipos de algoritmos como los de búsqueda, recomendación y asignación, que también pueden provocar daños a través de un comportamiento unilateral.

La mayoría de los casos algorítmicos que existen actualmente se centran principalmente en la autopreferencia. Sin embargo, incluso estos casos han sido relativamente limitados en número (Hao, 2019). Además, ha habido casos en los que los algoritmos han facilitado acuerdos colusorios explícitos o en los que el mismo proveedor de software ha proporcionado software de fijación de precios, lo que ha dado lugar a un escenario de centro y radio. Hasta donde sabe, no ha habido casos

independientes de colusión tácita, fijación de precios predatorios algorítmicos, descuentos algorítmicos, vinculación y agrupación algorítmica. Si bien, ha habido muy pocos casos de abuso de explotación algorítmica. Sin embargo, es importante señalar que, si bien estos daños pueden no ser frecuentes en la actualidad, son teóricamente posibles y pueden surgir en casos futuros.

Conducta algorítmica coordinada

Existe una preocupación creciente sobre la posibilidad de que los algoritmos de fijación de precios permitan acciones coordinadas entre los participantes del mercado, lo que en última instancia conducirá a precios inflados artificialmente. En un sentido más amplio, estos algoritmos se pueden clasificar en tres métodos principales mediante los cuales pueden facilitar la colusión.

Igualmente, existe un concepto llamado colusión tácita algorítmica autónoma, en el que los algoritmos de autoaprendizaje tienen la capacidad de coludir o evitar resultados competitivos sin la necesidad de compartir o coordinar información explícita. Estos algoritmos autónomos pueden tomar de forma independiente decisiones que se alineen con un comportamiento colusorio, beneficiando en última instancia a las empresas involucradas.

Hay varias formas en que los algoritmos pueden permitir la colusión entre empresas. Un método implica el uso de sistemas de precios automatizados que analizan los datos de precios y los ajustan en consecuencia. Esto permite a las empresas detectar y responder fácilmente a cualquier desviación de precios, estableciendo así un entorno más estable para la colusión explícita, como implementar el mantenimiento del precio de reventa o llegar a un acuerdo de precios (Buleje, 2018). Otra forma en que los algoritmos pueden facilitar la colusión es en entornos radiales. En estas situaciones, varias empresas dependen del mismo software de fijación de precios de terceros para tomar decisiones sobre precios. Esto crea un sistema radial donde la información se puede compartir fácilmente entre las empresas, lo que permite aún más la colusión.

Si bien los juristas han abogado durante mucho tiempo por la colusión tácita algorítmica autónoma, sólo recientemente los economistas han comenzado a

profundizar en este tema. A pesar de que existe una cantidad considerable de investigaciones sobre la colusión algorítmica, su viabilidad real y su alcance en escenarios del mundo real siguen sin estar claros. Aunque los algoritmos de fijación de precios se han vuelto más frecuentes, el uso de algoritmos de fijación de precios de autoaprendizaje aún no está generalizado (Viecens, 2023). Igualmente, no hay evidencia definitiva que demuestre que la colusión tácita algorítmica autónoma plantee un problema importante. No obstante, las autoridades de competencia deben permanecer alerta y proactivas en el seguimiento de estos acontecimientos.

Al principio, los economistas creían que era poco probable que ocurriera una colusión algorítmica sin una comunicación explícita o, a lo sumo, si había alguna comunicación tácita, sería poco probable que ocurriera en las condiciones del mercado del mundo real. Sin embargo, estudios más recientes han planteado dudas sobre esta suposición.

Existe una gran cantidad de literatura que sugiere la posibilidad de que se produzca una colusión algorítmica sin necesidad de comunicación directa, y hay indicios iniciales de que este tipo de colusión ya está ocurriendo. Si bien los precios personalizados generalmente se basan en métodos de aprendizaje automático supervisados, como el análisis de regresión, la colusión tácita algorítmica autónoma a menudo se modela utilizando algoritmos de aprendizaje por refuerzo.

Diversos investigadores han empleado algoritmos de aprendizaje por refuerzo Q-learning y han descubierto que estos algoritmos pueden aprender a establecer precios por encima de niveles competitivos sin necesidad de comunicación entre ellos. Estudios académicos recientes, que son de naturaleza innovadora, han demostrado que la utilización de software de fijación de precios de terceros por parte de las estaciones de servicio en Alemania ha resultado en precios inflados en los mercados minoristas locales de gasolina. Sin embargo, otros académicos que también emplean el aprendizaje por refuerzo Q-learning sostienen que el proceso de alcanzar un equilibrio colusorio es lento y, a menudo, infructuoso.

Según varios autores, los algoritmos de fijación de precios tienen el potencial de afectar la competencia de una manera que reduce la motivación de los competidores para bajar sus precios. Esto se debe a que estos algoritmos están

diseñados para responder instantáneamente a cualquier reducción de precio al compararla automáticamente con un recorte de precio equivalente. Como resultado, los precios en todo el mercado pueden estar inflados artificialmente en comparación con lo que serían en un escenario donde no se utilizan algoritmos de fijación de precios. Es importante señalar que este efecto existe incluso en ausencia de colusión entre competidores (Brown y MacKay, 2021).

Hay opiniones diferentes entre los autores con respecto a la importancia de la colusión algorítmica y si justifica más investigaciones y esfuerzos de aplicación de la ley. Según Schrepel (2020), algunos autores sostienen que se exageran los riesgos asociados a la colusión algorítmica y que puede que no sea necesario invertir recursos adicionales para abordar esta cuestión. Por otro lado, Klein (2020) sostiene que la ausencia de casos reportados no debe verse como una indicación de que la colusión algorítmica no sea una preocupación importante, sino que debería seguir siendo una máxima prioridad para futuras investigaciones y acciones.

Ha habido un número relativamente bajo de casos en los que se ha producido colusión algorítmica. Sin embargo, ciertas autoridades han expresado su preocupación por los riesgos potenciales asociados con la colusión algorítmica. Estos casos conocidos de colusión implican coordinación tanto horizontal como vertical, como la práctica de mantener el precio de reventa. Varios casos resueltos sirven como ejemplos, incluidos casos en los que los minoristas de vallas publicitarias en línea utilizaron algoritmos de precios simples para coordinar los precios (como Topkins US y GB Eye Trod UK).

Así también, una plataforma de viajes en línea facilitó la colusión mediante el envío de correos electrónicos a agencias de viajes, notificándoles las limitaciones a los descuentos (Eturas). Se descubrió que las empresas inmobiliarias españolas habían utilizado un software de intermediación común para coordinar los precios (Proptech), mientras que los fabricantes de productos electrónicos impedían a los minoristas fijar los precios de venta de forma independiente (mantenimiento de los precios de reventa), manteniendo así los precios artificialmente altos (caso Consumer Electronics).

Ha habido un renovado enfoque en la posible colusión facilitada por el software de fijación de precios de terceros en los Estados Unidos, con acusaciones que han surgido e investigaciones académicas que sugieren evidencia de colusión algorítmica. Específicamente, los hoteleros que operan en el bullicioso Strip de Las Vegas han sido implicados en el uso de software de fijación de precios de terceros para establecer precios que exceden los niveles competitivos.

Esto genera preocupaciones sobre la equidad y la competitividad del mercado. Además, en un caso separado, los inquilinos en los EE. UU. han emprendido acciones legales contra el software YieldStar de RealPage, que ayuda a los propietarios a determinar los precios de alquiler. Estas demandas afirman que el software tiene la capacidad de fomentar la coordinación entre los propietarios, lo que da como resultado precios de alquiler inflados artificialmente. Esto resalta aún más las posibles consecuencias negativas asociadas con el uso de software de fijación de precios de terceros en diversas industrias.

En un incidente más reciente que giró en torno a la utilización de software de fijación de precios de terceros, los individuos responsables de su creación fueron finalmente absueltos de cualquier culpabilidad o mala conducta. Para profundizar más, durante el mes de junio del año 2018 se presentó una denuncia formal en Francia, afirmando que el citado software de fijación de precios facilitaba una colusión de precios entre fabricantes de automóviles rivales, específicamente en lo que respecta a repuestos. Sin embargo, un avance rápido hasta noviembre de 2022, se reveló que los acusados involucrados en este caso fueron reivindicados de cualquier actividad ilícita y salieron ilesos de posibles penas o sanciones.

A pesar de la identificación de posibles casos de colusión algorítmica por parte de las autoridades, algunos comentaristas han argumentado que existe una posible laguna en la aplicación de la ley. Es decir, la colusión algorítmica tácita y autónoma puede escapar al castigo en ausencia de comunicación explícita.

En una consulta pública reciente, la Autoridad de Mercados y Competencia del Reino Unido (CMA) solicitó comentarios sobre la efectividad y adecuación de su papel y propuso acciones para abordar las teorías algorítmicas del daño. Las respuestas recibidas indicaron que la mayoría de las teorías algorítmicas del daño

ya están adecuadamente abordadas por las leyes y regulaciones existentes. Sin embargo, se identificó una excepción notable, que se refería a la colusión tácita algorítmica autónoma. En tales casos, surgieron preocupaciones de que el énfasis actual en la comunicación entre competidores puede no ser suficiente en situaciones donde la participación humana no está directamente presente. Esta idea destaca la necesidad de realizar más exámenes y posibles ajustes en el enfoque adoptado por la CMA al abordar las teorías algorítmicas del daño.

La actual ley de competencia aborda adecuadamente situaciones en las que un algoritmo simplemente ayuda a un claro acuerdo colusorio realizado por humanos. Esto incluye casos en los que el algoritmo facilita la coordinación o un acuerdo entre empresas, o cuando varias empresas utilizan el software de fijación de precios con el mismo proveedor. Si bien, cuando se trata de colusión tácita, la ley de competencia existente puede no ser lo suficientemente integral y puede no cubrir casos de colusión tácita algorítmica autónoma. Para abordar esto, una posible solución podría implicar revisar las definiciones de "acuerdo" y "práctica concertada" para que ya no se basen únicamente en el concepto de comunicación recíproca o un encuentro de mentes entre empresas.

Por otro lado, hay otro aspecto a considerar a la hora de detectar colusión algorítmica, y es la identificación de prácticas facilitadoras. Estas prácticas son acciones tomadas por competidores que pueden aumentar la probabilidad de coordinación entre ellos. Al participar en prácticas de facilitación, los competidores pueden superar las barreras a la coordinación y están motivados para cooperar entre sí. En el contexto específico de la colusión algorítmica, las prácticas de facilitación pueden implicar el intercambio de información entre competidores sobre los conjuntos de datos específicos utilizados en sus algoritmos, los resultados o costos generados por sus algoritmos, o los parámetros de decisión incluidos en los algoritmos.

No obstante, es importante señalar que las prácticas de facilitación también pueden tener un efecto positivo en la competencia, por ejemplo cuando brindan a los consumidores o a los nuevos participantes información valiosa para tomar decisiones informadas. En algunos casos, las prácticas de facilitación se consideran

factores adicionales que indican indirectamente la existencia de un "acuerdo" entre competidores. Sin embargo, considerando las posibles limitaciones de la legislación existente para abordar la colusión algorítmica, puede ser prudente reevaluar si la mera adopción de prácticas de facilitación debería ser una base para la responsabilidad legal.

Si la colusión algorítmica se generaliza, las autoridades deberían considerar implementar varias propuestas para abordarla. Una propuesta de Michal Gal sugiere un enfoque basado en el mercado y tres intervenciones regulatorias:

- La primera intervención involucra a los consumidores algorítmicos, que no requieren intervención regulatoria sino que agrupan a los consumidores para aumentar su poder adquisitivo e interrumpir la coordinación entre vendedores.
- La segunda intervención se centra en la revisión de fusiones, donde las fusiones que aumentan los riesgos de colusión algorítmica sin ningún beneficio compensatorio podrían prohibirse o remediarse.
- La tercera intervención implica un algoritmo disruptivo, en el que un regulador designa y subsidia a un proveedor para que opere un algoritmo disruptivo que cobra precios más bajos y potencialmente competitivos, creando perturbaciones en el mercado.

Así, se podría aplicar un desfase en la respuesta de los algoritmos de fijación de precios a las condiciones del mercado, congelando el precio de un proveedor en cada período y alentando a otros proveedores a fijar precios más bajos para capturar capacidad adicional. Alternativamente, un enfoque regulatorio podría abordar la colusión algorítmica influyendo en el diseño de algoritmos para prevenir la colusión tácita e implementando regulaciones para reducir los precios a niveles competitivos si se vuelven potencialmente colusorios después de la introducción de software algorítmico de fijación de precios. Además, algunos sugieren que las plataformas digitales pueden evitar la colusión entre vendedores en línea dirigiendo la demanda de los consumidores a través de las reglas de diseño de sus plataformas, como la forma en que clasifican o muestran los productos a los consumidores.

Un artículo académico recientemente publicado proporciona el primer examen empírico de la correlación entre precios algorítmicos y competencia (Labbé, 2023). Aunque la teoría económica presenta con frecuencia pronósticos contradictorios e inciertos con respecto a esta conexión, esta investigación valida efectivamente que la implementación de precios algorítmicos tiene un impacto sustancial en la competencia. Esto se evidencia en el aumento observado en los márgenes de beneficio dentro de los mercados no monopólicos que han adoptado mecanismos algorítmicos de fijación de precios.

Vale la pena señalar que el mismo software de fijación de precios es ampliamente accesible y se está adoptando en numerosas industrias en todo el mundo. Considerando esto, los autores enfatizan la importancia de que las autoridades de competencia profundicen en la correlación entre precios algorítmicos y competencia en diferentes contextos. Como resultado, abogan por una comprensión integral de esta dinámica y recomiendan que las autoridades de competencia tomen medidas apropiadas para garantizar que se mantenga una competencia leal.

El 25 de enero de 2023, un grupo de personas, conocidos como los demandantes, iniciaron colectivamente un procedimiento legal en el Tribunal de Distrito de Nevada presentando una demanda colectiva (OECD, 2023). El punto central de esta disputa legal es el ámbito del alquiler de habitaciones de hotel específicamente ubicado a lo largo del ilustre Strip de Las Vegas, famoso por su atmósfera vibrante y bulliciosa.

El caso en curso involucra a varios acusados, a saber, Caesars Entertainment, Inc, Treasure Island, LLC, Wynn Resorts Holdings, LLC y MGM Resorts International, propietarios y administradores de hoteles ubicados en el famoso Strip de Las Vegas. Si bien los procedimientos legales aún están en curso, este caso en particular proporciona una ilustración cautivadora de una supuesta conspiración "central y radial".

Los acusados utilizaron tres algoritmos proporcionados por una empresa externa llamada Rainmaker Group. Estos algoritmos, a saber, GuestRev, RevCaster y GroupRev, desempeñaron un papel importante en sus operaciones. GuestRev, en

particular, fue diseñado específicamente para la industria hotelera con casino y brindó recomendaciones para fijar el precio de las habitaciones de hotel individuales. Rainmaker Group afirmó con orgullo en su sitio web que su software tenía una notable tasa de aceptación del 90 % para estas sugerencias de precios. RevCaster, por otro lado, permitió a los clientes realizar un seguimiento y responder a los precios de la competencia mediante la recopilación de datos de precios específicos del mercado de los rivales. Por último, GroupRev era un algoritmo que predecía la demanda de los clientes que realizaban reservas grupales, como aquellos que asistían a conferencias o convenciones con diez o más participantes. Se alega que los demandados explotaron el uso de estos algoritmos para aumentar los precios, lo que en última instancia supuso una carga para los consumidores.

Los demandados están acusados de utilizar software de fijación de precios externo para recopilar datos sobre su estrategia de precios y obtener recomendaciones sobre precios. Como resultado, abandonaron sus propias opciones individuales de fijación de precios y ofertas y, en cambio, confiaron en un conjunto colectivo de algoritmos de fijación de precios. Se alega que estos algoritmos les permitieron cobrar precios excesivamente altos por sus habitaciones de hotel. Si bien los demandados no revelaron directamente sus estrategias de precios ni sus decisiones de fijación de precios previstas, esta información de alguna manera se volvió accesible para otros, lo que en última instancia condujo a la manipulación de los precios en todo el mercado. Esta supuesta colaboración puede describirse como un centro y una conspiración.

La conducta unilateral algorítmica

Durante la Mesa Redonda de la OECD sobre Algoritmos y Colusión en 2017, la discusión giró en torno a las formas en que los algoritmos pueden potencialmente ayudar a la colusión, ya sea a través de acuerdos explícitos o mediante entendimientos sutiles. Hasta ahora, la mayor parte de la conversación sobre el impacto de los algoritmos en la aplicación de las leyes de competencia se ha centrado en su papel a la hora de facilitar el comportamiento colusorio. Sin embargo, es importante señalar que las empresas dominantes también pueden utilizar

algoritmos para mejorar sus acciones unilaterales, como involucrarse en prácticas abusivas que refuerzan su dominio en el mercado.

La conducta de exclusión algorítmica

La conducta excluyente de una empresa líder tiene un impacto negativo indirecto en los consumidores al excluir a los competidores del mercado. Esta exclusión puede tomar la forma de comportamiento algorítmico, donde los algoritmos de la empresa dominante excluyen intencionalmente a un competidor, impidiéndole así competir efectivamente y socavando la posición de la empresa dominante en el mercado. Estos comportamientos algorítmicos se pueden observar en algoritmos de búsqueda, recomendación y asignación.

La autopreferencia

La autopreferencia se caracteriza por una empresa dominante que muestra favoritismo hacia sus propios productos y servicios, o los de sus filiales, a expensas de sus competidores. Esto significa que la clasificación de estos productos y servicios no está determinada por una competencia leal basada en sus méritos. El impacto de la autopreferencia en el bienestar general es incierto. Si bien puede haber casos en los que la preferencia propia no obstaculiza la competencia, existe la preocupación de que una empresa dominante pueda explotar su posición en el mercado para excluir a rivales en mercados relacionados, ya sea en sectores posteriores o complementarios. Este efecto perjudicial es particularmente relevante en el contexto de los algoritmos de búsqueda, recomendación y asignación.

Varias jurisdicciones en todo el mundo han examinado casos de autopreferencia, en los que las empresas priorizan sus propios intereses sobre los de sus competidores. En Asia, por ejemplo, la Comisión de Comercio Justo de Corea (KFTC) tomó medidas contra Kakao Mobility ("Kakao") por su comportamiento en su aplicación de taxi coreana. La KFTC determinó que Kakao había explotado su posición dominante en el mercado más amplio de llamadas para obtener ventaja en el mercado de franquicias de taxis (Escalante, 2023). De manera similar, en Europa ha habido numerosos casos de autopreferencia, incluido el caso de Google Shopping

de la CE, el caso de "Buy Box" y Prime Label de Amazon de la CE, y el caso de los servicios de logística de AGCM Amazon. Estos casos arrojan luz sobre varias justificaciones potenciales para la autopreferencia que resulta en la exclusión de competidores.

Una razón de esto es la extracción imperfecta de rentas, como se ve en el caso de Google Shopping de la CE (Motta, 2023). Por ejemplo, Google genera ingresos a través de la publicidad en búsquedas, lo que significa que los usuarios y vendedores no tienen que pagar para que sus enlaces aparezcan en los resultados de búsqueda orgánicos. Esto crea un incentivo potencial para que Google manipule su algoritmo de búsqueda para favorecer sus propios servicios y excluir a sus competidores. Google tenía una presencia dominante en la industria de las búsquedas y deliberadamente mostró su servicio de comparación de compras ("CSS") de manera más prominente que los CSS rivales. Además, Google manipuló su algoritmo de búsqueda para degradar la visibilidad de estos CSS competidores en los resultados de búsqueda orgánicos. Como resultado, los CSS rivales experimentaron una disminución significativa en visibilidad y tráfico, sin poder compensar esta pérdida por otros medios, lo que finalmente llevó a su exclusión del mercado.

Otra razón para esto es que una empresa dominante, como AGCM Amazon, utiliza su algoritmo para implementar tácticas de exclusión de clientes que resultan en mayores costos para sus competidores (Motta, 2023). Amazon, al ser el actor dominante en el mercado, introdujo la función Buy Box en su mercado, que sirve como un canal de marketing crucial para los vendedores de la plataforma. Para mejorar sus posibilidades de aparecer en Buy Box, Amazon alentó a los vendedores del mercado a utilizar su oferta de logística llamada Logística de Amazon (FBA), donde Amazon se encarga del almacenamiento, el embalaje, la entrega y el servicio al cliente de sus propios productos. Como resultado, las empresas de logística competidoras enfrentaron una reducción en su base de clientes, lo que les dificultó cubrir sus costos fijos y mantener un nivel satisfactorio de calidad del servicio. En consecuencia, las acciones de Amazon provocaron un aumento de los costes para las empresas de logística rivales y, en última instancia, las excluyeron del mercado.

La literatura académica ofrece varias soluciones potenciales para abordar la preferencia personal. Un enfoque consiste en implementar remedios, compromisos o medidas provisionales caso por caso, teniendo en cuenta los efectos específicos involucrados. Otra opción es establecer normas que prohíban rotundamente la autopreferencia. Alternativamente, la plataforma podría separarse estructural o funcionalmente de la línea de negocio que vende productos de la competencia. Sin embargo, algunos autores advierten contra una aplicación rígida de la autorreferencia, ya que una prohibición total podría tener consecuencias negativas para los consumidores a largo plazo. Sostienen que, al hacerlo, los reguladores esencialmente estarían favoreciendo un diseño de mercado específico.

Los algoritmos de fijación de precios

Los algoritmos de fijación de precios tienen el potencial de revolucionar la forma en que las empresas fijan los precios y se dirigen a los consumidores. Una aplicación importante es la fijación de precios personalizados, donde los precios se personalizan para los consumidores individuales en función de sus características o comportamientos personales. Este enfoque permite a las empresas ofrecer precios personalizados que se alineen con las necesidades y preferencias específicas de cada cliente.

Así también, la segmentación algorítmica permite a las empresas diferenciar los precios entre dos grupos distintos de consumidores: los arriesgados y los seguros. Al implementar esta estrategia, las empresas pueden ajustar los precios para estos dos grupos, asegurándose de maximizar las ganancias sin comprometer su tolerancia al riesgo. Vale la pena señalar que, si bien los precios personalizados requieren capacidades técnicas más avanzadas, la orientación algorítmica ofrece una alternativa más simple que aún puede generar beneficios significativos para las empresas.

Cuando una empresa tiene un cierto nivel de control sobre el mercado, la capacidad de adaptar los precios a los clientes individuales y una comprensión de cuánto está dispuesto a pagar cada cliente, puede implementar precios personalizados o discriminatorios. Con el avance de los algoritmos de fijación de

precios y la disponibilidad de perfiles completos de consumidores, la práctica de la discriminación de precios de primer grado se está volviendo cada vez más viable.

Los posibles impactos de los precios personalizados en el bienestar general no están claros, como afirman Botta y Wiedemann (2020). Cuando un vendedor monopolista discrimina precios, a los clientes que están menos dispuestos a pagar (generalmente considerados consumidores "más pobres") se les cobran precios más bajos que a aquellos que están más dispuestos a pagar (a menudo denominados consumidores "más ricos"). Esta estrategia de precios diferenciales da como resultado una redistribución del bienestar del consumidor.

Por otro lado, el monopolista tiene la capacidad de implementar estrategias de precios personalizadas, lo que le permite fijar precios que se alineen más estrechamente con la disposición a pagar de cada consumidor. Al hacerlo, el monopolista puede efectivamente transferirse una parte del excedente del consumidor, beneficiando sus propias ganancias (Botta y Wiedemann, 2020).

Lo anterior sugiere que los precios personalizados no siempre reducen la competencia o perjudican a los consumidores. Sin embargo, vale la pena señalar que una empresa dominante podría hacer un mal uso de los precios personalizados o de los algoritmos algorítmicos de orientación para participar en prácticas comerciales perjudiciales, como precios predatorios, descuentos, vinculaciones y paquetes. Estas estrategias dañinas se basan principalmente en la selección algorítmica.

La introducción de precios personalizados y focalización algorítmica ha cambiado significativamente el panorama de la conducta anticompetitiva. En el pasado, una empresa dominante tendría que fijar un precio único para todo el mercado, lo que podría limitar su capacidad de adoptar un comportamiento excluyente. Esta decisión implicaría sopesar los beneficios de ganar clientes leales frente a la posible pérdida de clientes marginales y la consiguiente disminución de las ganancias.

Si bien, con la llegada de los precios personalizados y la orientación algorítmica, esta compensación ya no es tan significativa. La capacidad de adaptar los precios y dirigirse a personas específicas ha eliminado o reducido

significativamente las limitaciones a la conducta anticompetitiva. Además, la selección algorítmica también afecta la forma en que evaluamos el comportamiento excluyente en función de las estrategias de precios.

En primer lugar, la selección algorítmica crea un problema para las medidas de precio y costo relevantes utilizadas como entrada para la prueba precio-costo. La prueba precio-costo determina si la empresa dominante cobra precios por debajo del costo. Los precios personalizados significan que no existe un precio actual único en el mercado que pueda usarse para comparar. El precio apropiado debe corresponder a la porción de la demanda que se puede comparar (es decir, el precio a los clientes marginales). Asimismo, el costo debe ser exclusivo de las unidades de producción a las que se aplica la reducción de precio (lo que puede ser difícil de determinar).

Una vez que una autoridad de competencia identifica el daño causado por un algoritmo de fijación de precios, existen varias soluciones potenciales a considerar. Las soluciones conductuales podrían abordar los problemas de fijación de precios personalizados y orientación algorítmica (Assad et al., 2020). Estas soluciones podrían incluir limitar la cantidad de datos personales recopilados por la empresa dominante, exigir a la empresa dominante que comparta datos de clientes con empresas rivales, implementar medidas de transparencia para informar a los usuarios cuando se emplea una estrategia de precios personalizada y revelar los parámetros considerados, u otorgar los usuarios el derecho a optar por no recibir precios personalizados (Botta y Wiedemann, 2020).

Los precios abusivos

Los precios predatorios pueden entenderse de diferentes maneras según la jurisdicción de que se trate. En Estados Unidos, normalmente se considera un proceso de dos fases. La primera fase, conocida como "fase de depredación", implica que la empresa dominante reduzca deliberadamente los precios por debajo de lo que se considera una medida de costos adecuada. Sin embargo, a menudo existe desacuerdo y controversia en torno a lo que constituye una medida de costos adecuada. El objetivo de esta fase es expulsar a los competidores o disuadir la entrada al mercado de nuevos operadores. La segunda fase, denominada "fase de

recuperación", ocurre cuando la empresa dominante vuelve a subir los precios para recuperar al menos la inversión inicial realizada durante la fase de precios predatorios, incluso si esos precios todavía están por debajo del costo incurrido durante esa fase (Hemphill). En cambio, en Europa, demostrar la fase de recuperación no es necesario para establecer precios predatorios; la prueba de la fase de depredación por sí sola es suficiente (Cheng y Nowag, 2022).

Los algoritmos desempeñan un papel importante a la hora de permitir tácticas predatorias de fijación de precios, ya que permiten a las empresas identificar y centrarse en los clientes que tienen más probabilidades de cambiar a otro proveedor. Al identificar a estos clientes marginales, una empresa dominante puede reducir estratégicamente los precios por debajo de su costo durante la fase de depredación, intentando así expulsar a la competencia. El uso de algoritmos también beneficia a la empresa dominante al minimizar las pérdidas de los clientes que probablemente no cambiarán de proveedor, conocidos como clientes inframarginales. Esta reducción de las pérdidas reduce la necesidad de la empresa dominante de recuperar beneficios durante la fase de recuperación, lo que en última instancia hace que la estrategia general de fijación de precios predatorios sea más viable y eficaz (Cheng y Nowag, 2022).

Los descuentos

Los descuentos suelen clasificarse en dos tipos: estandarizados y personalizados. Los descuentos estandarizados son uniformes y se aplican a todos los clientes, mientras que los descuentos personalizados se adaptan a clientes o transacciones individuales. Sin embargo, existe un nuevo tipo de descuento llamado descuentos algorítmicos que combina las ventajas de los descuentos estandarizados y personalizados.

Estos descuentos algorítmicos están diseñados para beneficiar a grandes grupos de clientes al ofrecer mayores descuentos a los clientes marginales y descuentos más pequeños (o nulos) a los clientes inframarginales. Además, los descuentos algorítmicos también tienen en cuenta la rentabilidad de las transacciones al centrarse en áreas donde la competencia es más intensa. En general,

los descuentos algorítmicos tienen como objetivo maximizar las ganancias para todos los clientes.

Una empresa dominante tiene la capacidad de utilizar la selección algorítmica como una forma de abordar los inconvenientes tanto de los descuentos estandarizados como de los descuentos personalizados. Los descuentos estandarizados pueden no ser la opción más rentable para ciertos clientes, mientras que los descuentos personalizados pueden ser costosos y afectar negativamente la rentabilidad cuando se ofrecen a una base de clientes grande y diversa.

Por lo tanto, al emplear la segmentación algorítmica, una empresa dominante puede aumentar la probabilidad de utilizar descuentos estratégicamente para evitar que los clientes se cambien a empresas rivales. Esta práctica de ofrecer descuentos para disuadir a los clientes de cambiar puede, en última instancia, conducir a un comportamiento anticompetitivo al excluir la competencia de esos rivales.

El empaquetado

Una empresa que ocupa una posición dominante en un mercado puede utilizar estrategias de vinculación y agrupación para explotar su dominio en otro mercado en el que carece de dominio. La vinculación implica el requisito de que los clientes compren tanto el producto de la empresa dominante (denominado producto vinculante) como un producto relacionado (el producto vinculado).

La agrupación, por otro lado, se refiere a cómo la empresa dominante presenta sus productos a los clientes. Esto se puede hacer a través de paquetes puros, donde la empresa solo ofrece un paquete que incluye tanto los productos vinculados como los vinculados, o mediante paquetes mixtos, donde la empresa ofrece la opción de comprar los productos vinculados y vinculados por separado pero también ofrece un paquete con descuento que incluye ambos. El uso de vinculaciones y paquetes por parte de una empresa dominante puede utilizarse para excluir injustamente a sus competidores y obstaculizar la competencia en el mercado (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2024).

Cuando una empresa dominante considera la posibilidad de ofrecer un paquete vinculado, se enfrenta a un dilema. Por un lado, existe la posible pérdida de ingresos de los clientes que deciden no comprar más el producto vinculante debido al paquete vinculado. Por otro lado, hay ganancias de ingresos de los clientes que eligen seguir con el paquete vinculado independientemente del vínculo. Esta compensación presenta un desafío para la empresa dominante a la hora de tomar su decisión (Cheng y Nowag, 2022).

El uso de la segmentación algorítmica brinda a la empresa dominante la oportunidad de atender específicamente a clientes inframarginales que poseen una demanda inelástica. Estos clientes prefieren comprar un paquete vinculado en lugar de comprar los productos A y B por separado de los competidores de la empresa dominante. Al hacerlo, la empresa dominante puede ofrecer beneficios adicionales y aprovecharlos para ofrecer un paquete con descuento a los clientes marginales que exhiben una demanda más elástica.

Este precio con descuento garantiza que estos clientes sigan siendo leales a la empresa dominante y no se cambien a un competidor. En consecuencia, el empleo de orientación algorítmica puede potencialmente disminuir el nivel de dominio del mercado requerido por una empresa dominante para llevar a cabo eficazmente una estrategia de vinculación y agrupación anticompetitiva (Cheng y Nowag, 2022).

Capítulo 3

La explotación algorítmica desde el análisis de la OECD

El comportamiento explotador de una empresa dominante tiene un impacto negativo directo en los consumidores al someterlos a precios o condiciones comerciales injustas, como afirmó la OECD en 2020. En la mayoría de los países de la OECD, el procesamiento de abusos de explotación es raro, ya sea porque no están cubiertos por las normas de competencia en países como Estados Unidos, Canadá y México, o porque sólo se investigan esporádicamente en países como Australia, la UE, Japón, Corea y Turquía (OECD, 2020). El caso interpuesto por el Bundeskartellamt alemán contra Facebook marcó el primer caso de conducta de explotación digital oficialmente sancionada, como destacaron Botta y Wiedemann (2019).

Una empresa que ocupa una posición dominante en el mercado tiene la capacidad de utilizar su poder para adoptar un comportamiento de explotación. Ejemplos de tal conducta incluyen cobrar precios excesivamente altos, imponer condiciones comerciales injustas y practicar la discriminación de precios. Los precios excesivos se refieren al acto de fijar precios de compra o venta injustos, mientras que las condiciones comerciales injustas implican imponer unilateralmente otras condiciones comerciales injustas. La discriminación de precios, por otra parte, implica ofrecer condiciones diferentes a diferentes clientes, lo que coloca a ciertos individuos en desventaja competitiva. En las siguientes secciones, examinaremos cada uno de estos abusos de explotación con más detalle.

Los precios excesivos y deslealtad comercial

Uno de los principales obstáculos que se enfrentan en los casos de explotación abusiva es la tarea de distinguir si el comportamiento en cuestión puede clasificarse como "excesivo" o "injusto". Esta determinación puede plantear un desafío importante para las autoridades, ya que con frecuencia no existe un punto de referencia definitivo disponible para determinar la equidad de los precios o las condiciones. Vale la pena señalar que los casos de abusos de explotación, con precios

excesivos como ejemplo destacado, son extremadamente poco comunes, incluso dentro de jurisdicciones como la Unión Europea, donde la ley de competencia teóricamente permite su investigación (Motta, 2023).

El sobreprecio algorítmico puede ocurrir de dos formas: a través de medios monetarios, como el uso de algoritmos de fijación de precios, y a través de indicadores de calidad no monetarios, como el uso de algoritmos de búsqueda, recomendación o asignación. Cuando una empresa dominante tiene un poder de mercado significativo, puede explotar este poder para manipular su algoritmo con el fin de beneficiarse a sí misma. Esto se puede lograr aumentando la exposición publicitaria o imponiendo condiciones desfavorables para la recopilación de datos. En términos más simples, la sobrevaloración algorítmica también puede entenderse como el cobro de precios no monetarios exorbitantemente altos.

Una empresa dominante tiene la capacidad de explotar su posición utilizando tácticas de autopreferencialidad para imponer condiciones contractuales injustas a los vendedores intermedios. Estos términos pueden dar lugar a una extracción excesiva de datos, que puede utilizarse para excluir a los competidores del mercado en el futuro, o a una transferencia de riqueza mediante el pago de servicios auxiliares como el análisis de datos o la obtención de una alta clasificación en los sistemas de clasificación. Este comportamiento puede tener efectos perjudiciales sobre el bienestar, ya que a menudo conduce al abuso de los márgenes de terceros, con las posibles consecuencias negativas de la degradación y descubren que la mayoría de los escenarios de autopreferencia dan como resultado una disminución del bienestar general.

Las empresas pueden participar en prácticas comerciales desleales al utilizar sus algoritmos para degradar a los clientes y crear una ventaja competitiva injusta. Como resultado, los clientes pueden verse obligados a aceptar términos y condiciones desfavorables que, en última instancia, benefician a la empresa. Un ejemplo de esta forma de abuso se observó en el caso del sitio web de un restaurante local, Kakaku.com, donde se utilizaron clasificaciones sesgadas para promocionar a los clientes que pagaban, demostrando así un abuso de una posición negociadora superior.

Asimismo, se han observado casos de clasificaciones injustas en casos de protección al consumidor en el Reino Unido y Australia, donde los sitios web de reservas de hoteles han promocionado productos o servicios pagos de terceros sin transparencia. Estas clasificaciones sesgadas han generado preocupaciones con respecto a la integridad de los resultados de búsqueda, un ejemplo lo constituye el siguiente caso:

Trivago N.V. es una conocida plataforma que opera en el sector de alojamiento de viajes en línea, brindando a los usuarios una manera conveniente de buscar y comparar precios de varias opciones de alojamiento. Sin embargo, la empresa enfrentó una acción legal iniciada por la Comisión Australiana de Competencia y Consumidores (ACCC) en un caso titulado "Comisión Australiana de Competencia y Consumidores contra Trivago N.V. [2020] FCA 16" (Mercado Negro, 2018).

Esta batalla legal giró principalmente en torno a cuestiones de protección del consumidor, destacando la necesidad de que Trivago garantice la transparencia y la equidad en sus operaciones. Un aspecto importante del caso involucró el intrincado análisis del algoritmo de Trivago, con el objetivo de obtener una comprensión más profunda de cómo funciona la plataforma y cómo impacta potencialmente en las elecciones y la toma de decisiones de los consumidores. Al profundizar en el funcionamiento interno del algoritmo de Trivago, la ACCC buscó arrojar luz sobre posibles sesgos o prácticas engañosas que podrían perjudicar a los consumidores.

Este caso particular giraba en torno a salvaguardar los derechos de los consumidores en lugar de promover la competencia. La Comisión Australiana de Competencia y Consumidores (ACCC) acusó a Trivago de engañar a los consumidores mediante sus prácticas publicitarias. Trivago había emitido anuncios de televisión en los que se afirmaba que su plataforma permitiría a los usuarios descubrir el hotel perfecto al precio más asequible.

En su sitio web, Trivago mostraba precios de varios sitios de reservas en línea para un hotel específico, con un precio resaltado en una posición destacada conocida como "Posición de oferta superior", caracterizada por letras verdes grandes y rodeadas de espacios en blanco. El quid de la cuestión se centró en cómo se eligió

esta "oferta de primera posición" y si realmente representaba el precio más bajo disponible (Deutsche Welle, 2022). Después de un examen exhaustivo por parte de expertos durante la prueba, se determinó que en aproximadamente el 66% de los anuncios, la "Oferta de primera posición" no correspondía al precio más bajo disponible.

La Comisión Australiana de Competencia y Consumidores (ACCC) emprendió acciones legales contra Trivago en agosto de 2018 y, después de un largo proceso legal, el Tribunal Federal dictaminó en enero de 2020 que Trivago había violado la Ley del Consumidor de Australia al participar en prácticas engañosas con respecto a las tarifas de las habitaciones de hotel a través de su sitio web y anuncios de televisión. Insatisfecho con la decisión del tribunal, Trivago decidió apelar en marzo de 2020. Sin embargo, su apelación finalmente fue desestimada por el Pleno del Tribunal Federal en noviembre de 2020, confirmando el fallo inicial contra Trivago. Como consecuencia de su mala conducta, a Trivago se le impuso una importante multa de 44,7 millones de dólares australianos.

Este caso demuestra la capacidad de las autoridades de competencia para investigar algoritmos, aunque los modelos de aprendizaje automático a menudo se consideran entidades misteriosas. Estos modelos generalmente se entrenan con conjuntos de datos específicos o aprenden mediante prueba y error, lo que hace que su funcionamiento interno sea opaco. Sin embargo, este caso pone de relieve que todavía es posible obtener conocimientos mediante la investigación algorítmica, aunque ciertos modelos de aprendizaje automático son más transparentes que otros (FundsPeople, 2024). Existen varias técnicas para la interpretabilidad independiente del modelo, incluidos gráficos de dependencia parcial, efectos locales acumulados, explicaciones independientes del modelo interpretables localmente y explicaciones aditivas de Shapley.

Cabe destacar que, luego de realizar una evaluación inicial, los científicos de datos de la ACCC opinaron que el caso tenía un mérito considerable. Esta evaluación marcó el inicio de los siguientes pasos procesales que se desarrollarían a lo largo del caso. Con meticulosa atención al detalle, los científicos de datos de ACCC examinaron meticulosamente cada línea de código y realizaron meticulosamente

análisis estadísticos descriptivos integrales. La intención detrás de esta ardua tarea era proporcionar información invaluable al equipo de investigación, permitiéndoles examinar a fondo el algoritmo. A pesar de la naturaleza intensiva en recursos de este esfuerzo, los esfuerzos realizados por los científicos de datos se consideraron extremadamente valiosos y justificados.

Si bien, a pesar de la complejidad del algoritmo y los diversos métodos de interpretación empleados, ambos expertos coincidieron en un hallazgo importante. Coincidieron en que en el 66% de los anuncios, la oferta que ocupaba la primera posición no era en realidad el precio más bajo disponible en el anuncio.

Esta revelación subraya el hecho de que incluso cuando se trata de algoritmos complejos, a veces una simple estadística descriptiva puede transmitir eficazmente un mensaje claro. Los expertos emplearon diferentes metodologías para determinar qué datos tenían la mayor influencia en el algoritmo, lo que los llevó a llegar a conclusiones contrastantes. Para ayudar al tribunal a comprender estas disparidades, los peritos a menudo recurrieron al uso de analogías como medio de explicación. Tanto la ACCC como Trivago contrataron los servicios de expertos independientes para ayudar en sus investigaciones. Los científicos de datos de la ACCC desempeñaron un papel en la formulación de preguntas para los expertos y ayudaron al equipo de investigación a interpretar la evidencia proporcionada por los expertos. Además, tanto Trivago como la ACCC contrataron a sus propios expertos técnicos para analizar más a fondo los datos.

La discriminación de precios

Aparte de la conducta excluyente antes mencionada, los algoritmos de fijación de precios que se emplean para fijar precios personalizados o discriminar precios también pueden considerarse abuso de explotación en determinadas jurisdicciones. El abuso de explotación ocurre cuando la discriminación de precios impone condiciones desiguales en transacciones similares, lo que en última instancia coloca al cliente en desventaja en términos de competencia. Sin embargo, es importante señalar que estos casos son increíblemente escasos.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) ha ofrecido anteriormente un enfoque integral y detallado para evaluar si los precios personalizados pueden considerarse un abuso de explotación. Este marco, tal como lo describió la OECD en 2018, implica un proceso paso a paso que involucra cinco etapas clave:

- En primer lugar, es necesario identificar cualquier disparidad de precios que no pueda justificarse por diferencias en los costos.
- En segundo lugar, es fundamental comprobar que la empresa en cuestión ocupa una posición dominante en el mercado.
- En el futuro, el tercer paso implica realizar un análisis para evaluar el impacto en el bienestar del consumidor y la eficiencia general del mercado, determinando así si hay evidencia de algún daño causado por tales prácticas de fijación de precios.
- El cuarto paso implica evaluar si el daño causado por estas prácticas es persistente y es poco probable que se resuelva mediante las fuerzas normales del mercado.
- Por último, es crucial identificar la fuente específica de discriminación para definir e implementar soluciones apropiadas para abordar el problema de manera efectiva.

Siguiendo este enfoque sistemático, los reguladores y las autoridades pueden garantizar una evaluación y una respuesta exhaustivas a los casos de fijación de precios personalizados potencialmente explotadores.

En determinadas jurisdicciones, castigar la discriminación de precios como abuso de explotación puede presentar dificultades a la hora de llevar esos casos ante los tribunales. Un excelente ejemplo es el caso MEO, donde el TJUE analizó el uso del artículo 102 del TFUE para abordar el abuso de explotación y destacó la importante carga de la prueba requerida para un procesamiento exitoso.

Para establecer un caso, una autoridad de competencia tendría que demostrar varios factores clave. En primer lugar, tendrían que demostrar que la discriminación

de precios es un comportamiento recurrente. Igualmente, tendrían que demostrar que el algoritmo utilizado por la empresa discrimina sistemáticamente entre diferentes grupos de consumidores, lo que probablemente implicaría investigar el algoritmo subyacente.

Asimismo, la autoridad necesitaría establecer que no existen justificaciones válidas para la fijación de precios personalizados, ya que la empresa dominante podría argumentar que es una forma de fijación de precios óptima que beneficia a los consumidores en general. Por último, tendrían que identificar el escenario contrafactual relevante para determinar el impacto de los precios personalizados en el bienestar del consumidor. Estos requisitos plantean obstáculos importantes para las autoridades de competencia que intentan abordar la discriminación de precios explotadora (Botta y Wiedemann, 2020).

Actualmente, ninguna autoridad de competencia ha adoptado medidas punitivas contra un caso de fijación de precios personalizados con arreglo al artículo 102 del TFUE. Sin embargo, es posible que la probabilidad de dicha aplicación aumente junto con el aumento previsto en la adopción de estrategias de fijación de precios personalizadas (Botta y Wiedemann, 2020).

Investigando algoritmos

Las autoridades de competencia desempeñan un papel crucial a la hora de reconocer casos en los que los algoritmos tienen un impacto negativo en la competencia. En esta sección se profundiza en las formas en que las autoridades de competencia pueden investigar eficazmente estos algoritmos dañinos. Específicamente, explora varios enfoques que pueden adoptar las autoridades de competencia para examinar directamente los algoritmos, como la auditoría algorítmica y la IA explicable. También presenta una variedad de métodos y técnicas posibles, destacando los objetivos y obstáculos asociados con cada uno de ellos.

La necesidad

El uso de algoritmos puede dar lugar a diversos problemas, muchos de los cuales no son nuevos sino que mejoran las teorías existentes sobre el daño. Esto plantea un desafío para las autoridades que deben poseer los conocimientos y habilidades necesarios para comprender estos algoritmos. En determinadas situaciones, puede que no sea esencial un conocimiento profundo del algoritmo. Por ejemplo, si el algoritmo ha facilitado un cártel tradicional en el que dos comerciantes han acordado explícitamente evitar la competencia de precios, la evidencia de documentos internos como correos electrónicos o mensajes puede ser suficiente para demostrar la intención de causar daño, como se ve en el caso de UK Trod Ltd/GB Eye, Caso Ltd. Sin embargo, hay casos en los que comprender el algoritmo se vuelve inevitable para evaluar si se ha producido algún daño. Los ejemplos incluyen el daño unilateral en el caso AGCM Amazon FBA o el caso EC Amazon Buy Box. Por lo tanto, es inevitable que las autoridades se encuentren cada vez más con casos que exijan una comprensión de los algoritmos, lo que requerirá la contratación de personal especializado con experiencia en informática y/o ciencia de datos.

En este sentido, OECD (2024) explora cómo las autoridades de competencia podrían investigar y abordar eficazmente los posibles daños causados por los algoritmos. Un enfoque sugerido fue que las autoridades obtuvieran una comprensión integral del proceso de toma de decisiones del algoritmo, incluidas sus diversas características. Al obtener este conocimiento, las autoridades de competencia podrían prohibir el uso de características específicas que contribuyan al daño.

Por lo tanto, se propuso que involucrar a científicos de datos en el proceso de investigación podría ofrecer valiosos conocimientos tecnológicos sobre algoritmos y posibles soluciones (OECD/CAF, 2022). Esta idea ha ganado fuerza en los últimos años a medida que las autoridades de competencia se enfrentan a un número cada vez mayor de casos relacionados con algoritmos y asumen una mayor responsabilidad de hacer cumplir las regulaciones digitales antes de que se produzcan daños potenciales.

Existe una creencia cada vez mayor entre los autores de que las autoridades de competencia deberían examinar directamente los algoritmos, particularmente a

la luz de las recientes decisiones europeas sobre el abuso de posiciones dominantes en el mercado en el sector digital. Tanto las autoridades de competencia como los gobiernos han reconocido la importancia de adquirir el conocimiento, las habilidades y los recursos necesarios para investigar los posibles daños causados por los algoritmos. Esto ha resultado en el establecimiento de nuevas unidades digitales y la introducción de nuevas regulaciones, como la Ley de Mercados Digitales de la UE45 y la Unidad de Mercados Digitales en el Reino Unido (UK Digital Markets46), que otorgan a estas autoridades mayor poderes para recopilar datos relevantes.

La factibilidad

Existe una creciente preocupación por la capacidad de comprender el proceso de toma de decisiones de ciertos algoritmos, particularmente aquellos que son más complejos como el aprendizaje automático o los modelos de aprendizaje profundo. Estos algoritmos a menudo se denominan "cajas negras" debido a la falta de transparencia en torno a cómo llegan a su salida en función de la entrada.

Si bien, es importante reconocer que existe un espectro de complejidad y que los diferentes algoritmos presentan distintos niveles de dificultad para que los analicen las autoridades de competencia. Algunos daños algorítmicos son más fáciles de identificar que otros. Por ejemplo, puede ser factible determinar el daño general causado por la colusión algorítmica, como un aumento general de los precios. Sin embargo, resulta difícil identificar qué algoritmos específicos y sus interacciones fueron responsables de este aumento de precios, especialmente en situaciones en las que todas las empresas utilizan algoritmos que ajustan los precios en función de la competencia y las condiciones del mercado. En tales casos, comprender el funcionamiento exacto de estos algoritmos puede resultar difícil. Aunque, hay campos emergentes como la IA explicable y la auditoría algorítmica que ofrecen vías potenciales para comprender mejor el funcionamiento interno de los algoritmos.

La IA explicable es un campo en crecimiento que se centra en el desarrollo de técnicas para explicar e interpretar modelos de aprendizaje automático. El objetivo

es permitir que los humanos comprendan cómo estos algoritmos toman decisiones. Hay dos enfoques principales en la IA explicable: usar algoritmos inherentemente interpretables, también conocidos como algoritmos de "caja blanca", o emplear métodos de ingeniería retrospectivos, también llamados métodos post-hoc.

Actualmente, los métodos de IA explicables son más eficaces para explicar el proceso de toma de decisiones de algoritmos individuales que para identificar la colusión algorítmica. Puede resultar complicado detectar la colusión simplemente examinando el algoritmo, a menos que esté explícitamente programado para ello. Sin embargo, hay algunas sugerencias de que se puede identificar la colusión algorítmica y se pueden realizar más investigaciones en esta área.

El proceso de auditoría algorítmica abarca varias técnicas para evaluar algoritmos. Se emplea comúnmente con fines regulatorios para evaluar si un algoritmo cumple con los requisitos, regulaciones o estándares legales. Los reguladores y los profesionales de auditoría pueden utilizar diversas herramientas y metodologías para realizar esta auditoría (OECD, 2023). En los últimos tiempos, numerosas autoridades de competencia han publicado documentos regulatorios que exploran formas de examinar algoritmos, ya sea auditando directamente el algoritmo en sí o examinando los datos utilizados por el algoritmo. Estos informes de las autoridades de competencia aclaran que existen múltiples enfoques disponibles para investigar un algoritmo. La revisión del código es simplemente uno de los métodos potenciales. El alcance y la naturaleza de la investigación variarán según el caso (consulte la sección 4.3 para obtener más información).

Ciertos enfoques no siempre son viables dada la complejidad de los algoritmos, en algunos casos las autoridades de competencia y consumidores han considerado el funcionamiento de algoritmos más complejos. Por ejemplo, el caso Trivago de la Comisión Australiana de Competencia y Consumidores (“ACCC”). Aun cuando, se trata de un caso de protección del consumidor, proporciona un ejemplo de una autoridad que investiga con éxito un algoritmo. Aunque los modelos de aprendizaje automático a veces se ven como "cajas negras" (especialmente si han sido "entrenados" en un conjunto de datos específico o aprendido mediante prueba y error), y algunos modelos de aprendizaje automático son más interpretables que

otros, estos casos muestran que las autoridades puede beneficiarse de la investigación directa de algoritmos. Además, en el caso Kakaku.com de la Comisión de Comercio Justo de Japón (JFTC), el tribunal ordenó al sitio web que revelara parte de su algoritmo.

Las técnicas de investigación

En la actualidad, falta un marco integral que abarque todos los estándares y pautas necesarios para analizar algoritmos. La complejidad de los algoritmos varía mucho, y los algoritmos de IA van desde simples árboles de decisión que siguen reglas de "si, entonces..." hasta redes neuronales más complejas. Como resultado, la capacidad de una autoridad para evaluar el desempeño de un algoritmo depende de su nivel de complejidad.

Las autoridades de competencia han explorado ampliamente la investigación de los algoritmos y su impacto en las empresas. Esta exploración es evidente a través de tres fuentes principales. En primer lugar, numerosas autoridades de competencia han publicado informes que describen sus estrategias para examinar los algoritmos de una empresa. Estos informes sirven como recursos valiosos para comprender el proceso de investigación. En segundo lugar, las decisiones tomadas por las autoridades de competencia en casos relacionados con algoritmos arrojan luz sobre sus conclusiones y observaciones sobre la funcionalidad del algoritmo.

Aunque ciertos aspectos de estas decisiones están redactados debido a la naturaleza clasificada de las operaciones del algoritmo, aún brindan información sobre la investigación directa de la autoridad y la comprensión de los atributos influyentes del algoritmo, este puede resolver un problema complejo, pero, no sirve si no puede ejecutarse (Verdegay et al., 2021). Por último, el campo académico ha contribuido a la comprensión y evaluación de algoritmos mediante el desarrollo de auditoría algorítmica e IA explicable. Estos trabajos académicos proporcionan metodologías y enfoques que facilitan una comprensión y evaluación integral de los algoritmos. Combinando ideas de estas diversas fuentes, surgen varios mensajes clave sobre la investigación de algoritmos por parte de las autoridades de competencia.

Numerosas autoridades de competencia han publicado informes que describen en términos prácticos su enfoque para investigar los algoritmos de una empresa. Estos informes provienen de varios países, incluidos el Reino Unido, Japón, los Países Bajos y un informe conjunto de Francia y Alemania. Además, otros reguladores han brindado orientación sobre la comprensión de los algoritmos. Estos informes sirven como un recurso valioso para las empresas, ya que brindan información sobre lo que pueden esperar durante una investigación.

Los informes cubren una variedad de temas, incluida la investigación de la funcionalidad y el comportamiento del algoritmo sin acceso al algoritmo y los datos, la descripción de los poderes de investigación, el examen de la función de un algoritmo, la investigación del funcionamiento y el comportamiento de un algoritmo con acceso al algoritmo y los datos, y abordar desafíos y otras consideraciones importantes.

Es factible realizar una investigación sobre el funcionamiento y la conducta del algoritmo incluso sin poder acceder directamente al algoritmo en sí o a los datos subyacentes. Esto se puede hacer empleando varios métodos, que pueden utilizarse tanto antes como durante una investigación oficial realizada por un organismo autorizado. Sin embargo, cabe señalar que estas técnicas pueden no ser tan eficientes o efectivas como aquellas que implican acceso directo al algoritmo y a los datos. Estos métodos dependen en gran medida del conocimiento y las ideas derivadas de la investigación académica sobre auditoría algorítmica e inteligencia artificial explicable.

La auditoría algorítmica ha sido un tema de interés durante más de diez años y sus orígenes se remontan a un fuerte deseo de justicia social. Los investigadores y activistas se han visto impulsados por la demanda del público de investigar algoritmos que toman decisiones cada vez más importantes, a menudo de manera opaca. Una contribución significativa a la popularización del concepto de auditoría algorítmica provino de Cathy O'Neil a través de su libro "Weapons of Math Destruction" publicado en 2016. O'Neil destacó las diversas formas en que los algoritmos pueden impactar negativamente a los ciudadanos y pidió una intervención regulatoria. para abordar estos efectos nocivos. O'Neil enfatizó que la

auditoría algorítmica tiene el potencial de arrojar luz sobre el propósito, el funcionamiento y los resultados de estos algoritmos, descubriendo en última instancia cualquier daño que puedan causar.

La auditoría algorítmica abarca una variedad de técnicas utilizadas para evaluar algoritmos, independientemente de si el código fuente y los datos son accesibles o no. Estas técnicas pueden adoptar diversas formas, incluida la revisión de la gobernanza y la documentación técnica, el examen de los resultados del algoritmo o el análisis de sus procesos internos. La literatura académica ha identificado varios enfoques potenciales para realizar auditorías de algoritmos, como auditorías de código, encuestas de usuarios, auditorías de scraping, auditorías de API, auditorías de sock-puppet y auditorías de fuentes colaborativas.

Vale la pena señalar que, si bien la auditoría de código es crucial, la investigación académica sobre auditoría algorítmica a menudo explora métodos que no dependen del código fuente subyacente. Un estudio de Metaxa et al. (2021) analiza varias técnicas que se pueden utilizar para auditorías algorítmicas sin acceder al código fuente. Esto demuestra que es posible evaluar algoritmos y su impacto sin tener una visibilidad completa del código.

En esencia, la literatura sobre auditoría algorítmica reconoce la importancia del código fuente, pero también reconoce enfoques alternativos que pueden emplearse para evaluar algoritmos sin acceso directo al código (Mota y Herrera, 2023). Por ejemplo, las auditorías algorítmicas académicas se han centrado en investigar el uso de la personalización y los precios en diversos contextos. Estas auditorías tienen como objetivo comprender cómo los algoritmos influyen en los procesos de toma de decisiones y potencialmente perpetúan sesgos o prácticas discriminatorias. El uso de código fuente puede dar a una empresa una ventaja competitiva y puede contener información confidencial. Sin embargo, este no es siempre el caso. En un incidente reciente, Twitter emprendió acciones legales contra GitHub, un servicio de código compartido, para identificar a los individuos responsables de publicar parte del código fuente de Twitter. Esto resalta la importancia y la sensibilidad del código fuente en determinadas situaciones.

Cuando existe una sospecha de daño, una autoridad de competencia tiene la capacidad de iniciar una investigación y utilizar sus medidas de investigación habituales para examinar un algoritmo. Estas medidas de investigación abarcan realizar búsquedas sorpresa, solicitar información pertinente y/o realizar entrevistas (como con los ingenieros de software responsables de desarrollar el algoritmo dentro de la empresa). El objetivo es adquirir cualquier código, dato o documentación relevante.

El grado en que esto se aplica puede variar dependiendo de la jurisdicción específica, pero es posible que terceros sean incluidos en el alcance de la responsabilidad cuando crean y administran un algoritmo externamente.

Una vez que se inicia una investigación, es importante que la autoridad profundice primero en los aspectos funcionales del algoritmo que se está examinando. Esto incluye comprender el propósito y el objetivo del algoritmo dentro de las operaciones de la empresa, así como las suposiciones subyacentes y las entradas/salidas de datos involucradas. Además, la autoridad también debe examinar minuciosamente a las personas responsables del desarrollo del algoritmo, incluidos los acuerdos contractuales con terceros.

Asimismo, es crucial evaluar si se identificó algún riesgo durante el proceso de desarrollo del algoritmo, incluidos los informes de prueba o depuración, y cómo se abordaron posteriormente estos riesgos. Al realizar una investigación exhaustiva de la función del algoritmo, la autoridad puede obtener información valiosa sobre su uso general y sus implicaciones.

Llevar a cabo una investigación exhaustiva sobre el funcionamiento y el comportamiento de un algoritmo puede ser más eficaz cuando se tiene acceso tanto al algoritmo como a los datos subyacentes. Esta idea está respaldada por la Autoridad de Consumidores y Mercados, la Autorité de la concurrence & Bundeskartellamt y la Autoridad de Mercados y Competencia. Vale la pena señalar que la revisión de código, una técnica que implica examinar el código del algoritmo, no se ha explorado ampliamente en la literatura debido al secreto que rodea a algunos algoritmos de plataforma. Sin embargo, presenta una vía prometedora para futuras investigaciones.

La IA explicable es la práctica de utilizar métodos de IA para mejorar la transparencia, la interpretabilidad y la explicabilidad de algoritmos complejos. Estas técnicas implican el empleo de algoritmos para proporcionar una explicación completa o aproximada de cómo funciona el algoritmo investigado. La necesidad de una IA explicable surge del deseo de los usuarios de confiar en los modelos y predicciones de la IA. Si bien se han logrado avances en el desarrollo de métodos para explicar ciertos enfoques complejos de IA, como las redes neuronales profundas, sigue siendo un desafío.

Se han explorado varios enfoques tanto en la industria como en la literatura académica, como explicaciones independientes del modelo interpretables localmente (LIME), anclajes e interpretabilidad mecanicista. Sin embargo, es importante señalar que todavía no existe una forma definitiva de comprender completamente modelos más complejos, incluidas las redes neuronales profundas, como se destaca en un artículo reciente.

Examinar la documentación circundante y el contexto del algoritmo, así como comprender su propósito y función, puede ofrecer información valiosa sobre su comportamiento. Esto puede implicar profundizar en varios recursos, como documentación, pseudocódigo y explicaciones generales del algoritmo. Igualmente, considerar el ciclo de vida completo del algoritmo, incluida su concepción, desarrollo, implementación y evaluaciones continuas de desempeño, puede proporcionar una comprensión integral de su comportamiento. Además, recopilar información a través de entrevistas con personal relevante, como ingenieros de investigación y equipos de productos, puede mejorar aún más nuestro conocimiento sobre el funcionamiento y el comportamiento del algoritmo.

Adicional a las auditorías de algoritmos, las autoridades también pueden explorar enfoques de prueba alternativos, como ensayos de control aleatorios (RCT) o pruebas A/B, que no se abordan específicamente en el concepto de auditorías de algoritmos (Metaxa et al., 2021). Vale la pena señalar que las principales empresas digitales suelen utilizar estos métodos de prueba como parte de sus procesos internos. Por lo tanto, las autoridades pueden consultar estudios anteriores o buscar ayuda de la empresa investigada para realizar ECA o pruebas A/B relevantes. Esto

amplía la gama de opciones disponibles para las autoridades al evaluar las plataformas digitales.

Ha habido numerosos casos en los que a un organismo regulador se le ha concedido acceso tanto al algoritmo como a los datos. Un ejemplo de ello es el caso de Trivago llevado a cabo por la ACCC, donde los científicos de datos revisaron manualmente el código. Otro caso involucró a la AGCM italiana, que investigó cómo Amazon determinaba su puntuación del Algoritmo de Comerciante Destacado ("FMA"). Se descubrió que la puntuación se calculaba utilizando una función lineal de cinco variables, estimadas mediante técnicas econométricas o de aprendizaje automático, que en última instancia influyeran en qué ofertas se incluían en Amazon Buy Box.

Asimismo, la Comisión Europea examinó varias pruebas en el caso Google Shopping. Esto incluyó documentos contemporáneos de Google y otros actores del mercado, una cantidad significativa de datos del mundo real que ascienden a 5,2 Terabytes de resultados de búsqueda de Google (equivalente a aproximadamente 1,7 mil millones de consultas de búsqueda), experimentos y encuestas que analizan el impacto de la visibilidad de los resultados de búsqueda en el comportamiento del consumidor. y tasas de clics, datos financieros y de tráfico que destacan la importancia comercial de la visibilidad en los resultados de búsqueda de Google y las consecuencias de ser degradado. Además, se llevó a cabo una extensa investigación de mercado, que incluyó cuestionarios enviados a varios cientos de empresas que operan en los mercados afectados.

La investigación de algoritmos plantea numerosos desafíos para las autoridades de competencia, y es una tarea compleja y ardua que les exige considerar diversos aspectos. Esto incluye tener en cuenta las ideas proporcionadas por la Autoridad de Consumidores y Mercados y la Autoridad de Competencia y Mercados.

Inicialmente, vale la pena señalar que algunos de los métodos mencionados anteriormente pueden requerir una cantidad significativa de tiempo y recursos para implementarlos. Además, es posible que no proporcionen pruebas suficientes para establecer ningún daño potencial. Por ejemplo, revisar el código manualmente

puede consumir mucho tiempo y es posible que no identifique de manera efectiva problemas en algoritmos complejos o no considere las consecuencias negativas que pueden surgir debido a los datos de entrada o al entorno general en el que opera el algoritmo.

Esto es particularmente relevante para los complejos algoritmos de aprendizaje automático que evolucionan constantemente en función de los datos de entrenamiento y los avances de los algoritmos. En consecuencia, las investigaciones deben ser proporcionales al daño que se examina y deben realizarse con el nivel adecuado de detalle. Por ejemplo, confiar únicamente en encuestas de usuarios puede no profundizar lo suficiente en el asunto, mientras que utilizar técnicas dinámicas puede ofrecer una granularidad excesiva.

También, es común que una empresa utilice múltiples algoritmos simultáneamente dentro de un sistema más grande, lo que puede plantear un desafío a la hora de comprender cómo estos algoritmos interactúan entre sí. Así, estos extensos sistemas algorítmicos frecuentemente involucran un aspecto del juicio humano, ya sea de empleados o consumidores, lo que agrega complejidad a la comprensión del comportamiento general del sistema. Además, los algoritmos suelen servir como base del valor de una empresa digital, lo que requiere que cualquier investigación tenga en cuenta el mantenimiento de la confidencialidad de los algoritmos y la protección de los secretos comerciales de los competidores. Además, una autoridad puede encontrar dificultades en materia de privacidad y seguridad del usuario. Por último, si una empresa opera a nivel internacional o emplea algoritmos desarrollados por terceros, esto puede presentar obstáculos adicionales para una autoridad a la hora de recopilar pruebas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018).

Las competencias específicas

Para abordar eficazmente la necesidad de conocimiento algorítmico, puede resultar beneficioso que los reguladores establezcan un cuerpo centralizado de expertos para aunar recursos (Corporación Andina de Fomento, 2021). Singapur ya cuenta con un equipo central de científicos de datos e ingenieros de software que

brindan soporte en varios departamentos gubernamentales. De igual forma, la colaboración entre las autoridades de competencia a nivel mundial, a través de conferencias y canales internacionales, puede facilitar el intercambio de experiencias y conocimientos.

Participar en los avances académicos y potencialmente emplear empresas de auditoría algorítmica de terceros también pueden ser enfoques valiosos. El gobierno británico, por ejemplo, reconoce el potencial del mercado emergente de garantía de IA para ayudar a las empresas a garantizar que sus algoritmos de IA cumplan con los requisitos reglamentarios. Con el tiempo, el número de autoridades de competencia con unidades de datos ha aumentado significativamente.

En 2019, de las 35 autoridades encuestadas, 11 contaban con este tipo de unidades. Para 2022, este número había aumentado a 19 de 32 autoridades encuestadas. Aunque las unidades de datos todavía son de tamaño relativamente pequeño, la presencia de un número considerable de científicos de datos en algunas autoridades resalta el compromiso de desarrollar experiencia en la investigación de casos algorítmicos. Por ejemplo, la Autoridad de Mercados y Competencia del Reino Unido estableció su unidad de datos en febrero de 2019.

La investigación del funcionamiento y comportamiento algorítmicos puede ser compleja y técnica, y requiere una amplia gama de habilidades y conocimientos por parte de las autoridades de competencia. Para cumplir con estos requisitos, muchas autoridades de competencia han tomado medidas para mejorar sus capacidades. Esto incluye el establecimiento de unidades de datos, la contratación de científicos y tecnólogos de datos y la utilización de su experiencia en investigaciones de mercado, control de fusiones, casos de aplicación de la ley y regulación digital. En particular, algunas autoridades de competencia incluso han contratado a estos expertos para realizar ingeniería inversa y comprender los algoritmos empleados por las empresas.

La coordinación y colaboración

La implementación generalizada de la inteligencia artificial en diversos sectores de la economía ha atraído la atención de múltiples organismos reguladores,

lo que ha planteado un desafío importante a la hora de coordinar sus esfuerzos. Debido a la naturaleza especializada de diferentes ámbitos, como la política de competencia, los mercados financieros y la atención sanitaria, puede que no sea factible depender de una única autoridad reguladora para abordar eficazmente todos los aspectos problemáticos del aprendizaje automático.

En consecuencia, están surgiendo dos tipos distintos de marcos legales para la IA: leyes vinculantes como la Ley de IA de la UE y directrices más suaves como las directrices de IA de la OECD. Como resultado, los gobiernos y los responsables de la formulación de políticas deben colaborar y sincronizar sus respuestas a los riesgos asociados con la IA. Además, las autoridades de competencia tienen la oportunidad de aprender unas de otras y mejorar su eficacia mediante la colaboración.

Dado que las principales empresas digitales operan a través de fronteras internacionales, las autoridades de competencia de todo el mundo se enfrentan a desafíos similares a la hora de abordar los impactos negativos causados por estas empresas. Por lo tanto, es crucial que las autoridades de competencia cooperen y compartan sus conocimientos y experiencias, lo que puede facilitarse a través de talleres, mesas redondas en organizaciones como la OECD y grupos de trabajo en la ICN.

Hay varios casos de jurisdicciones que establecen relaciones bilaterales, como lo observa la Autoridad de Competencia y Mercado. Así, a veces las empresas ofrecen compromisos que se extienden globalmente, beneficiando a los consumidores de todo el mundo en lugar de limitarse a la jurisdicción donde ocurrió una violación de la ley de competencia. Por ejemplo, Google asumió compromisos globales en el caso de publicidad en línea manejado por la Autorité de la Concurrence francesa y en el caso de la zona de pruebas de privacidad supervisado por la Autoridad de Mercados y Competencia del Reino Unido.

Las autoridades de competencia también pueden obtener información valiosa de otros reguladores del sector que han enfrentado desafíos similares. Varias jurisdicciones, incluidas Australia, los Países Bajos y el Reino Unido, están adoptando una regulación digital coordinada entre múltiples reguladores

sectoriales. Esto resalta la importancia de que los reguladores del sector colaboren y compartan conocimientos para mejorar la eficiencia operativa y minimizar cargas innecesarias para las empresas. Un ejemplo de dicha colaboración es el Foro de Cooperación Regulatoria sobre Transparencia Digital del Reino Unido (DRCF), cuyo objetivo es apoyar mejoras en la transparencia algorítmica mejorando las capacidades de los reguladores del sector del Reino Unido, investigando auditorías de terceros en el mercado y promoviendo la transparencia en la contratación algorítmica.

El Gobierno del Reino Unido espera que los reguladores participen activamente en la implementación de los principios descritos en el marco regulatorio de IA pro-innovación propuesto recientemente (Departamento de Ciencia, Innovación y Tecnología del Reino Unido, 2023. La Autoridad de Conducta Financiera del Reino Unido (FCA) ha llevado a cabo una investigación sobre la explicabilidad algorítmica76, explorando dos enfoques principales: (a) "interpretabilidad por diseño" y (b) "ingeniería inversa de características explicativas":

- El primer enfoque implica crear un algoritmo más simple desde el principio, pero puede comprometer la capacidad predictiva.
- El segundo enfoque implica el uso de un algoritmo independiente que proporciona una interpretación simplificada de un algoritmo de aprendizaje automático de caja negra.

Los reguladores financieros como la FCA han estado lidiando con los desafíos que plantea el comercio algorítmico durante años, como lo demuestra su revisión del cumplimiento del comercio algorítmico en los mercados mayoristas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) también ha reconocido el uso cada vez mayor de inteligencia artificial, aprendizaje automático y algoritmos en los servicios financieros, lo que ha llevado a revisiones de los Principios de Protección al Consumidor Financiero.

Por lo tanto, los reguladores sectoriales suelen utilizar "zonas de pruebas" regulatorias, con numerosos ejemplos en toda la OECD. Estos "sandboxes" se

refieren a exenciones regulatorias limitadas o flexibilidad otorgada a las empresas, lo que les permite probar nuevos modelos de negocios con requisitos regulatorios reducidos (Alameda, 2018). Al tiempo que garantizan la protección del consumidor y los objetivos regulatorios generales, los entornos de pruebas regulatorios generalmente son administrados y organizados caso por caso por las autoridades regulatorias pertinentes. Se han implementado en varios sectores, incluidos finanzas, atención médica, transporte, servicios legales, aviación y energía, dentro y fuera de la OECD (OECD, 2020).

Tanto la Autoridad de Conducta Financiera del Reino Unido como la Comisión Helénica de Competencia han establecido entornos de pruebas regulatorios. Además, las jurisdicciones que implementan regulación digital podrían considerar la utilización de entornos de pruebas regulatorios como un medio para que las empresas prueben sus algoritmos y aborden los posibles daños dentro de un entorno regulatorio seguro. Sin embargo, cabe señalar que los entornos limitados de pruebas regulatorios pueden ser más adecuados para identificar daños algorítmicos unilaterales que daños coordinados.

Las autoridades de competencia también pueden extraer lecciones de las medidas de derecho indicativo de la IA. Actualmente, no existe ninguna ley estricta que regule específicamente la IA, lo que significa que no existe un marco legalmente vinculante que se pueda hacer cumplir en los tribunales. Los Principios de IA de la OECD sirven como ejemplo de derecho indicativo y representan el primer conjunto de principios reconocido internacionalmente que rige la IA.

En este contexto, la OECD ayuda activamente a los gobiernos a implementar estos principios a través del Grupo de Trabajo de la OECD sobre Gobernanza de la Inteligencia Artificial (AIGO). El desarrollo de los principios de IA de la OECD implicó la participación de la sociedad civil y la industria. Sin embargo, se espera que la Ley de IA de la UE se convierta en la primera legislación integral que regule la IA por parte de un importante regulador global. La Ley de IA de la UE describe cómo podría ser un ecosistema de auditoría de IA. Dados los rápidos avances en la tecnología de IA, es probable que los gobiernos de todo el mundo respondan con medidas políticas rápidas y en evolución.

Capítulo 4

Estudios de caso, normativa, algoritmos RNA y aparición de la Inteligencia Artificial (IA)

El impacto de la participación en el entorno de pruebas regulatorio de la FCA ha demostrado ser particularmente ventajoso para las empresas más pequeñas. Estas empresas, que a menudo enfrentan recursos limitados y limitaciones financieras, se han beneficiado enormemente del apoyo y la orientación del sandbox. Al ofrecer un campo de pruebas seguro, el entorno de pruebas regulatorio de la FCA mitiga los riesgos financieros asociados con el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos o servicios, lo que en última instancia nivela el campo de juego para las empresas más pequeñas y promueve su crecimiento y éxito (Ansoff, 1965).

Así, la introducción del entorno de pruebas regulatorio de la FCA ha revolucionado la forma en que las empresas pueden innovar y desarrollar sus ideas dentro del sector financiero. Al proporcionar un espacio seguro y supervisado para que las empresas prueben sus propuestas con consumidores reales, el sandbox no solo ha acelerado el tiempo que tardan las empresas en ingresar al mercado, sino que también ha aumentado significativamente las posibilidades de éxito. Adicionalmente, la accesibilidad y el apoyo del sandbox han empoderado particularmente a las empresas más pequeñas, permitiéndoles superar barreras financieras y competir en igualdad de condiciones con los actores más grandes.

El entorno de pruebas regulatorio de la FCA es un ejemplo brillante de innovación regulatoria, que fomenta el crecimiento e impulsa la evolución de la industria financiera. La iniciativa innovadora ofrece a las empresas la oportunidad de interactuar con consumidores reales, obteniendo así información y comentarios valiosos para perfeccionar sus propuestas (Alameda, 2018). Lo que distingue al entorno de pruebas regulatorio de la FCA es su disponibilidad constante, lo que significa que las empresas pueden enviar solicitudes para unirse al entorno de pruebas en cualquier momento, lo que garantiza una plataforma flexible y accesible para la innovación.

El "sandbox regulatorio" ofrece multitud de ventajas para las empresas:

- En primer lugar, proporciona un entorno controlado donde las empresas pueden probar sus productos y servicios, lo que les permite evaluar su funcionalidad y rendimiento. Así como también, ofrece una oportunidad única para que las empresas evalúen el nivel de atractivo que tiene su modelo de negocio para los consumidores o prueben la viabilidad de una tecnología específica en el mercado.
- En segundo lugar, el entorno de pruebas regulatorio permite a las empresas reducir significativamente el tiempo necesario para llevar sus productos o servicios al mercado, lo que podría generar ahorros de costos.
- Por último, ofrece un valioso apoyo a las empresas en la identificación e implementación de medidas de protección al consumidor, asegurando que los nuevos productos y servicios prioricen el bienestar y la seguridad de los consumidores.

Hay varios beneficios que los reguladores pueden obtener al utilizar "sandboxes":

- Los entornos de pruebas permiten a los reguladores acelerar la introducción de productos y servicios innovadores en el mercado, lo que en última instancia beneficia a los consumidores.
- Al utilizar sandboxes, los reguladores pueden identificar efectivamente cualquier obstáculo regulatorio innecesario que pueda obstaculizar la innovación.
- Mediante el uso de entornos de pruebas, los reguladores pueden identificar las áreas de la tecnología y los mercados emergentes donde los marcos regulatorios pueden necesitar adaptarse y modificarse en consecuencia.

Las posibles intervenciones normativas

Reconociendo el impacto significativo que tienen los algoritmos en la organización y manipulación de la información a escala global, y entendiendo que

estas consecuencias se extienden mucho más allá del ámbito de la economía digital, los académicos y los responsables de la formulación de políticas se han involucrado cada vez más en un animado discurso sobre la necesidad de implementar nuevos tipos de intervenciones regulatorias. Este debate en curso se centra en varias áreas clave, incluidas posibles estrategias institucionales para gobernar algoritmos, enfoques regulatorios alternativos y los riesgos potenciales asociados con una regulación demasiado estricta.

Las opciones institucionales para gobernar los algoritmos

Siempre que sea posible, se debe dar prioridad a las soluciones de mercado, ya que fomentan la innovación y la competencia. Sin embargo, en los casos en que existen fallas del mercado, pueden ser necesarias soluciones alternativas. Estos pueden incluir la autoorganización, la autorregulación, la corregulación y la intervención estatal. Se han propuesto varias medidas regulatorias, como medidas de información, principios de "neutralidad de búsqueda", regulaciones sobre delitos cibernéticos y esquemas de certificación de protección de datos.

Algunos académicos abogan por el establecimiento de nuevas instituciones regulatorias para gobernar la economía digital, como un regulador digital global responsable de coordinar y supervisar las regulaciones de datos e Internet. Para abordar los riesgos asociados con los algoritmos y la inteligencia artificial, algunos proponen la creación de un nuevo régimen regulatorio. Por ejemplo, la Ley de Desarrollo de la Inteligencia Artificial ("AIDA") sugiere establecer una agencia para certificar la seguridad de los sistemas de IA (Canadá, 2023).

Los programas certificados tendrían responsabilidad extracontractual limitada, mientras que los programas no certificados enfrentarían responsabilidad estricta. Sin embargo, la viabilidad y la conveniencia social de crear tales agencias reguladoras siguen siendo inciertas. Tradicionalmente, los gobiernos han adoptado un enfoque de la economía digital orientado al mercado, lo que ha facilitado su rápido crecimiento y alentado la innovación. Sin embargo, los formuladores de políticas deben tener cuidado con la aplicación excesiva y la intervención regulatoria

excesiva, ya que pueden crear barreras de entrada y desalentar la inversión en valiosos algoritmos patentados.

La OECD recomienda evaluar el impacto competitivo de las regulaciones del mercado en las primeras etapas de la formulación de políticas. Saurwein et al. (2015) discuten varias opciones para regular algoritmos, que van desde soluciones de mercado hasta regulaciones estatales. Estas opciones tienen diferentes limitaciones y pueden ser más o menos adecuadas para abordar diferentes categorías de riesgos de algoritmos. En un extremo del espectro, existen soluciones de mercado en las que los proveedores compiten para ofrecer mejores algoritmos, utilizando técnicas como el aprendizaje automático para reducir el sesgo y evitar la manipulación. Por otro lado, las soluciones del lado de la demanda implican que los consumidores tomen medidas para protegerse, como negarse a utilizar ciertos servicios o utilizar tecnología para protegerse contra riesgos algorítmicos. Teniendo en cuenta estos principios, es importante explorar el potencial para abordar los riesgos algorítmicos a través de la regulación del mercado, así como formas alternativas de intervención y los riesgos potenciales para la competencia.

La transparencia algorítmica y rendición de cuentas

Los recientes debates en torno a las intervenciones regulatorias han llamado la atención sobre la necesidad de que los algoritmos sean más transparentes y responsables de sus efectos. En Estados Unidos, la Oficina de Protección al Consumidor de la FTC ha creado la Oficina de Investigación e Investigación Tecnológica, que realiza estudios independientes y proporciona orientación sobre la transparencia algorítmica.

Asimismo, aún no está claro determinar la autoridad o el regulador adecuado para supervisar los algoritmos, y la coordinación entre reguladores con objetivos potencialmente contradictorios es un desafío. La economía digital opera en la intersección de varias leyes, como la privacidad, la transparencia, la protección de datos, la propiedad intelectual, la protección del consumidor y la competencia, lo que requiere intervenciones en múltiples áreas de políticas por parte de diferentes

agencias. Además, el carácter global de los negocios online plantea un desafío territorial a la hora de diseñar normativas.

Los principios para la transparencia algorítmica

- El primer paso para promover la justicia y la equidad en los sistemas analíticos es fomentar la conciencia entre todas las partes interesadas clave, incluidos propietarios, diseñadores, constructores, usuarios y otras partes relevantes, sobre los sesgos inherentes que pueden estar presentes en estos sistemas. Es fundamental que comprendan las posibles consecuencias negativas que estos sesgos pueden infligir a los individuos y a la sociedad en su conjunto al diseñar, implementar y utilizar dichos sistemas. Al cultivar esta conciencia, podemos sentar las bases para un panorama tecnológico más inclusivo y justo.
- Los organismos reguladores deberían promover la implementación de sistemas que permitan a las personas y colectivos que se han visto afectados negativamente por decisiones influenciadas por algoritmos tener los medios para impugnar y recibir una restitución adecuada.
- Un aspecto esencial que debe enfatizarse es el concepto de responsabilidad en relación con el uso de algoritmos por parte de las instituciones. Es imperativo que estas instituciones asuman la responsabilidad de los resultados y las decisiones tomadas por los algoritmos, incluso si puede resultar difícil proporcionar una explicación integral del funcionamiento interno y los procesos empleados por estos algoritmos.
- En contextos de políticas públicas, es crucial que los sistemas e instituciones que utilizan algoritmos de toma de decisiones ofrezcan explicaciones detalladas tanto sobre los procedimientos del algoritmo como sobre las decisiones específicas que toma. Esta práctica promueve la transparencia y la rendición de cuentas.
- La procedencia de los datos se refiere a la documentación de cómo se recopilaron los datos de entrenamiento utilizados en los algoritmos. Es

importante que los creadores de algoritmos proporcionen una descripción exhaustiva del proceso de recopilación de datos, incluido cualquier sesgo que puedan haber sido introducidos por humanos o algoritmos durante el proceso de recopilación. Esta transparencia permite el escrutinio público de los datos, lo que a su vez brinda la mejor oportunidad para identificar y rectificar cualquier problema o error. Sin embargo, cabe señalar que puede haber motivos válidos para limitar el acceso a estos datos. Las preocupaciones sobre la privacidad, la protección de secretos comerciales o la prevención de que actores malintencionados exploten el sistema podrían justificar la restricción del acceso a personas calificadas y autorizadas.

- La auditabilidad es un aspecto crucial para garantizar la transparencia y la rendición de cuentas en el ámbito de los modelos, algoritmos, datos y decisiones. Implica la documentación y el registro meticulosos de estos elementos para permitir procedimientos de auditoría en situaciones en las que se sospecha un daño potencial o es necesario investigarlo. Al tener un registro completo de todo el proceso, es posible volver sobre y examinar cada paso dado, proporcionando información sobre posibles fallas, sesgos o errores que puedan haber ocurrido. Esto facilita aún más la identificación de cualquier resultado dañino o consecuencia no deseada que pueda surgir de la utilización de estos modelos, algoritmos, datos o decisiones. En esencia, la auditabilidad sirve como salvaguarda, asegurando que cualquier sospecha o inquietud sobre el daño pueda abordarse y rectificarse a fondo mediante un proceso de evaluación transparente y responsable.
- La validación y pruebas; las organizaciones deben utilizar métodos rigurosos para validar sus modelos y documentar esos métodos y resultados. En particular, deben realizar pruebas de rutina para evaluar y determinar si el modelo genera sesgos discriminatorios. "Se anima a las instituciones a publicar los resultados de dichas pruebas".

La normativa para evitar la colusión algorítmica

En esta etapa, sigue siendo incierto si es posible establecer regulaciones que puedan impedir efectivamente que los algoritmos producto de las RNAs basadas en aprendizaje automático logren de forma independiente una coordinación implícita, sin causar ningún efecto perjudicial en el proceso competitivo de maneras alternativas. Hasta donde sabe no se han presentado sugerencias en la literatura antimonopolio para abordar este comportamiento. Además, faltan casos o investigaciones de competencia que aporten pruebas de esta colusión "virtual", lo que dificulta la justificación de la implementación de regulaciones destinadas a prevenir las consecuencias adversas de conductas que aún no han sido presenciadas.

Sin embargo, es crucial reconocer los desafíos asociados con la identificación de la colusión entre algoritmos de aprendizaje automático, especialmente considerando los rápidos avances en los mercados digitales. Por lo tanto, resulta imperativo anticipar las posibles medidas regulatorias que podrían implementarse si esta forma única de colusión se convierte en una realidad en el mercado. Seguidamente, se analizaran brevemente tres tipos potenciales de intervenciones regulatorias y los riesgos potenciales que podrían plantear para la competencia:

- Una posible respuesta a la cuestión de los algoritmos que conducen a precios anticompetitivos es la implementación de una regulación de precios. Este enfoque implica establecer límites máximos de precios para evitar que las empresas inflen injustamente sus precios. Si bien, es importante considerar los posibles inconvenientes de los precios máximos, ya que pueden crear barreras a la competencia. En cambio, se recomienda que los responsables de las políticas exploren políticas alternativas que sean más eficientes para promover la competencia. Vale la pena señalar que las regulaciones de precios no sólo desalientan la innovación y el suministro de productos de alta calidad sino que, irónicamente, pueden resultar en precios más altos. Esto se debe a que el establecimiento de límites de precios puede facilitar inadvertidamente la colusión entre empresas que operan en mercados digitales que de otro modo serían competitivos. Por lo tanto, se debe prestar una cuidadosa consideración a las posibles consecuencias no deseadas de la regulación de precios en este contexto.

- Hay varias normativas que los responsables de las políticas pueden implementar para hacer que la colusión tácita esté menos presente en los mercados digitales. Un enfoque es modificar las características estructurales de estos mercados que más facilitan la colusión. Por ejemplo, las autoridades podrían introducir sistemas de descuentos secretos o imponer limitaciones a la información que se puede compartir en línea, haciendo así que los mercados sean menos transparentes. Asimismo, podrían imponer retrasos en los ajustes de precios o exigir a las empresas que se comprometan con nuevas ofertas durante un período de tiempo mínimo, a fin de disminuir la frecuencia de interacción en los mercados digitales. Sin embargo, es importante señalar que estas políticas pueden tener consecuencias no deseadas. Podrían potencialmente restringir la competencia al limitar la cantidad de información disponible para los consumidores y obstaculizar el ajuste eficiente de la oferta y la demanda mediante ajustes rápidos de precios.
- Un posible enfoque para regular los algoritmos es establecer reglas que dicten cómo se diseñan. Estas reglas serían similares a las Tres Leyes de la Robótica de Asimov y tendrían como objetivo impedir que las empresas coordinen de forma independiente precios anticompetitivos. Para mantener una coordinación tácita, se podría restringir la reacción de los algoritmos ante determinadas características o variables del mercado. Por ejemplo, podrían programarse para ignorar los cambios más recientes en los precios o ignorar las fluctuaciones de precios de empresas individuales, centrándose en cambio en los precios promedio del sector. Si bien este enfoque puede limitar la capacidad de las empresas para desarrollar algoritmos innovadores, es probable que tenga un impacto menor en la competencia en comparación con otras formas de intervención. Sin embargo, regular el diseño de algoritmos también impondría una carga adicional a las agencias responsables de supervisar el cumplimiento de estas reglas.

La intención detrás de proporcionar una lista de posibles intervenciones regulatorias no es abogar por una dirección política particular, sino más bien crear una base para la discusión y alentar debates futuros. Es importante señalar que si se

va a implementar alguna regulación con el objetivo de reducir la colusión en los mercados, las autoridades deberían adoptar un enfoque cauteloso. Esto se debe a que dichas regulaciones podrían tener consecuencias imprevisibles que podrían socavar el funcionamiento eficaz de los mercados digitales.

El rápido desarrollo de la economía digital ha planteado nuevos desafíos para los legisladores y reguladores que buscan salvaguardar la competencia, mantener la confianza del mercado y mejorar el bienestar social. Una preocupación apremiante en los círculos profesionales son los riesgos potenciales asociados con el uso extensivo de algoritmos informáticos en los modelos de negocios contemporáneos. Si bien se reconoce las numerosas ventajas que las RNAs fundamentadas en sistemas automatizados han aportado a la sociedad, es necesario iniciar una discusión sobre los efectos potenciales de los algoritmos en las prácticas colusorias.

Es preciso analizar el impacto potencial de los algoritmos en las investigaciones antimonopolio de dos maneras principales. En primer lugar, los algoritmos están influyendo significativamente en las condiciones del mercado, lo que da como resultado una mayor transparencia de los precios y la capacidad de las empresas para participar en transacciones de alta frecuencia, lo que les permite reaccionar rápida y agresivamente. Estos cambios en el mercado digital podrían potencialmente hacer viables las estrategias colusorias en casi cualquier estructura de mercado. En segundo lugar, los algoritmos proporcionan a las empresas herramientas automatizadas avanzadas para monitorear los precios, implementar políticas compartidas, enviar señales de mercado y optimizar las ganancias conjuntas utilizando técnicas de aprendizaje profundo. En consecuencia, los algoritmos tienen el potencial de permitir a las empresas lograr resultados similares a los de los cárteles tradicionales mediante una colusión tácita.

Desde una perspectiva de implementación, es importante distinguir entre situaciones en las que los competidores utilizan algoritmos como herramienta complementaria en un acuerdo colusorio más amplio que cae dentro del ámbito tradicional de las normas de competencia sobre acuerdos anticompetitivos, y situaciones en las que los algoritmos permiten a las empresas alinearse. su conducta empresarial de una manera que se asemeja mucho a un paralelismo consciente, un

tipo de conducta que no se considera ilegal según las normas de competencia. En el primer escenario, los desafíos que enfrentan las agencias reguladoras giran en torno a detectar posibles casos anticompetitivos, comprender la tecnología involucrada y reunir evidencia suficiente para cumplir con los criterios legales requeridos. Por otro lado, el segundo escenario presenta más dificultades porque los criterios legales existentes no permiten intervenir utilizando reglas tradicionales sobre acuerdos anticompetitivos entre competidores.

Dados los desafíos actuales, los responsables de hacer cumplir la ley de competencia tienen varias opciones a considerar. Un enfoque es utilizar herramientas antimonopolio tradicionales y comenzar por realizar una investigación de mercado exhaustiva. Esta investigación tendría como objetivo comprender la prevalencia de la colusión algorítmica, las condiciones bajo las cuales ocurre y los sectores en los que es más probable que se observe. Si se encuentra evidencia de un problema de competencia, las posibles soluciones podrían implicar ajustar el proceso de revisión de fusiones para tener en cuenta el impacto de los algoritmos en los efectos coordinados. Asimismo, se podrían diseñar soluciones conductuales para evitar que las empresas utilicen algoritmos con fines de colusión. A medida que se realicen más investigaciones y surja evidencia consistente que demuestre la contribución significativa de los algoritmos a los aumentos de precios a través de la colusión tácita, las autoridades podrían necesitar contemplar revisiones más sustanciales para abordar la colusión algorítmica. Esto podría incluir reevaluar el concepto de "acuerdo" y examinar el tratamiento legal actual de la colusión tácita.

El papel cada vez mayor de los algoritmos en la configuración y organización de la información ha llevado a algunos expertos a preguntarse si es necesaria una reforma regulatoria para la economía digital. Actualmente, la gobernanza de este sector está impulsada principalmente por las fuerzas del mercado. Este artículo explora posibles enfoques regulatorios para abordar la cuestión de la colusión algorítmica, como la regulación de precios, medidas para desestabilizar la colusión tácita y reglas sobre el diseño de algoritmos (Flores, 2018). Sin embargo, es importante considerar los posibles impactos negativos sobre la competencia que

podrían superar los beneficios de la intervención regulatoria. Si se proponen soluciones regulatorias, las preocupaciones sobre la competencia serían sólo un aspecto del debate más amplio, que requeriría tener en cuenta varias consideraciones más allá del riesgo de colusión.

En resumen, a pesar de los riesgos evidentes que los algoritmos pueden presentar en términos de competencia, es esencial reconocer que este ámbito es muy complejo e incierto. Tanto la no intervención como la regulación excesiva podrían generar costos significativos para la sociedad, particularmente si se consideran las ventajas potenciales de los algoritmos. Por lo tanto, cualquier medida futura que se implemente debe someterse a una evaluación exhaustiva y abordarse con cautela.

Impacto de la ciencia de datos e inteligencia artificial

El impacto de la ciencia de datos se extiende más allá de sus aplicaciones técnicas; ha facilitado la colaboración entre diferentes disciplinas y ha permitido la integración de métodos de IA en diversos campos, incluidos la medicina y la ingeniería (Rivero y Beltrán, 2024). El desarrollo de tecnologías inteligentes ha tenido un impacto significativo en la sociedad en diversos sectores:

- En el mundo empresarial, las oficinas de gestión utilizan ahora métodos automatizados de toma de decisiones.
- En la industria manufacturera, se emplean robots con capacidades avanzadas para realizar tareas como el movimiento y la localización de objetos.
- En agricultura, se están logrando avances continuos en el desarrollo de tecnologías que pueden diagnosticar enfermedades en los cultivos y monitorear las condiciones del suelo.
- Estas tecnologías se basan en sensores, imágenes satelitales y datos históricos para predecir la productividad de las plantaciones. Sin embargo, debido a su elevado coste, estas tecnologías actualmente están limitadas a las grandes empresas.
- En el campo de la educación, se espera que la inteligencia artificial (IA) desempeñe un papel central en las aulas del futuro, cambiando

fundamentalmente el papel de los docentes. Los sistemas de inteligencia artificial ya son capaces de proporcionar comentarios personalizados a los estudiantes sobre sus informes y ensayos, lo que permite a los profesores identificar áreas de mejora de manera más efectiva. Además, ha aumentado la disponibilidad de plataformas de tutoría en línea, que brindan apoyo educativo a estudiantes de todos los niveles. Sin embargo, es importante señalar que el acceso a estas tecnologías no es universal, ya que una porción importante de la población aún carece de acceso a internet, particularmente en México.

- El sector sanitario también ha sido testigo de una transformación gracias a sistemas inteligentes, sensores de bajo coste y entornos virtuales. Estos avances han mejorado enormemente la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades de alto riesgo como el cáncer, la obesidad, la hipertensión y la diabetes. Por ejemplo, las aplicaciones móviles ahora permiten a los usuarios controlar su consumo de azúcar y su frecuencia cardíaca utilizando los sensores de sus teléfonos inteligentes. Estas tecnologías de bajo costo tienen el potencial de beneficiar a las zonas rurales al aumentar la cobertura de atención médica y reducir los costos de traslado de pacientes.
- Las tecnologías inteligentes también tienen implicaciones para la seguridad. Las cámaras de circuito cerrado ahora pueden analizar de manera eficiente días enteros de grabaciones, lo que ayuda en los esfuerzos de vigilancia. Además, el seguimiento de la ubicación de las personas se ha vuelto más preciso. Los drones equipados con sistemas inteligentes pueden incluso utilizarse para detectar actividades delictivas. Sin embargo, el uso de tales tecnologías genera preocupaciones sobre el control gubernamental y la invasión de la privacidad.

En conclusión, el desarrollo de tecnologías inteligentes ha revolucionado varios sectores, incluidos los empresariales, la salud, la educación y la seguridad. Si bien estos avances han aportado numerosos beneficios, es esencial abordar las

cuestiones de accesibilidad y privacidad para garantizar que todos los miembros de la sociedad disfruten de los beneficios.

La inteligencia artificial está preparada para provocar transformaciones significativas en los lugares de trabajo tanto a nivel nacional como internacional. Por un lado, los puestos de trabajo requerirán cada vez más competencia en informática y análisis de datos, mientras que, por otro lado, los puestos que pueden automatizarse, como los de albañilería, manufactura o ventas telefónicas, disminuirán en número.

La aparición de la IA presenta numerosas ventajas en diversos ámbitos, incluido el campo médico, donde los médicos pueden aprovechar tecnología eficiente para acceder a información sobre enfermedades y medicamentos mediante el procesamiento del lenguaje natural. Además, los estudiantes ahora pueden dedicar más atención al desarrollo de habilidades analíticas y computacionales en lugar de simplemente memorizar contenidos.

Reconociendo la importancia de la IA, es crucial introducir educación sobre este tema desde una edad temprana para fomentar el pensamiento computacional, que abarca habilidades como el análisis de datos, la abstracción, el desarrollo de algoritmos y la resolución de problemas (Rivero y Beltrán, 2024). En la era digital actual, estas habilidades se consideran igualmente vitales que materias tradicionales como matemáticas o comunicación. En consecuencia, países como Estados Unidos, Reino Unido y Finlandia ya han comenzado a promover estas habilidades dentro de sus sistemas de educación básica y secundaria. Este cambio en el enfoque educativo dará lugar, en última instancia, a un panorama global más competitivo en el que prosperarán los graduados equipados con habilidades de razonamiento computacional, habilidades de abstracción conceptual y la capacidad de colaborar en entornos multidisciplinarios.

Las áreas que tienen mayor probabilidad de ser automatizadas son aquellas que involucran tareas manuales repetitivas, mientras que aquellas que requieren habilidades sociales, análisis, negociación, tutoría, empatía y creatividad tienen el menor riesgo. Un ejemplo de profesión con pocas posibilidades de automatización

es la enseñanza en la escuela primaria, ya que exige un nivel significativo de estas habilidades para interactuar eficazmente con los niños.

Los países en desarrollo son particularmente vulnerables a la automatización del empleo: las estimaciones sugieren que hasta el 85% de los empleos en Etiopía y el 65% en Argentina están en riesgo. Sin embargo, esto no implica que el 85% de la fuerza laboral de Etiopía estará desempleada, sino que una porción significativa de los empleos existentes podrían ser reemplazados por tecnologías inteligentes. Una consecuencia de esta tendencia es que los países desarrollados pueden optar por utilizar la IA para automatizar trabajos a nivel nacional en lugar de subcontratar el trabajo a países en desarrollo. Esto exacerbaría la desigualdad económica y tecnológica, beneficiando a los propietarios de la tecnología e impidiendo el progreso de otros países.

Los aspectos éticos y legales de la asignación de responsabilidades y obligaciones cuando intervienen sistemas inteligentes son tema de debate. Por ejemplo, si un coche autónomo atropella a un peatón, la culpa podría recaer en el propietario del vehículo, pero también hay que reconocer que el propietario no tiene control total sobre el coche, y la responsabilidad también podría recaer en el propietario intelectual de la IA, que es la empresa que lo desarrolló originalmente. Esta es la razón por la que los modelos de caja negra, como las redes neuronales, pueden crear situaciones ambiguas y enfrentar críticas si no funcionan de manera transparente.

El avance de la IA se ha acelerado debido a los incentivos tecnológicos, financieros y humanos disponibles actualmente. En particular, se han producido avances significativos en tecnologías inteligentes en diversos campos, como la agricultura, la manufactura, la medicina, la educación, los vehículos autónomos y el entretenimiento. Además, las implicaciones sociales, económicas, éticas y legales de la IA se han convertido en temas de contemplación y discusión en todo el mundo (Moujahid, 2016).

En consecuencia, existe una demanda creciente de personas especializadas con amplia formación técnica, incluidos informáticos y científicos capaces de crear nuevas tecnologías inteligentes, así como profesionales como médicos,

administradores e ingenieros que puedan utilizar eficazmente estas tecnologías en sus respectivos campos. Desafortunadamente, la implementación de sistemas inteligentes puede conducir a una reducción de las oportunidades laborales para tareas que dependen en gran medida de habilidades manuales, particularmente en los países en desarrollo.

Por el contrario, las naciones desarrolladas que anteriormente subcontrataban su fuerza laboral ahora buscan reemplazarla con sistemas inteligentes a nivel nacional. Desde un punto de vista ético, es crucial que estos sistemas posean ciertos requisitos para evitar sesgos y reacciones sociales negativas. A este respecto, la transparencia y la fiabilidad son especialmente importantes. Además, actores influyentes en el campo han impulsado la promoción del acceso igualitario de hombres y mujeres a la IA, especialmente en América Latina.

Este esfuerzo tiene como objetivo alentar a los sistemas a tener una perspectiva más imparcial y representativa de la mayoría de la población. Por último, el futuro de la IA también abarca sus interacciones con otras áreas del conocimiento y tecnologías. En particular, la computación cognitiva se beneficiará de los avances en la comprensión del funcionamiento del cerebro humano y la neurociencia, así como del desarrollo de procesadores, sistemas de almacenamiento de datos, realidad virtual y entornos de realidad aumentada.

La Inteligencia Artificial se ha convertido en un campo muy intrigante dentro de la informática debido a su amplia gama de aplicaciones. La búsqueda de comprender la inteligencia y crear modelos y simulaciones de la misma ha atraído a muchos científicos a esta área de investigación. Los orígenes del concepto y los criterios de desarrollo de la "IA" se remontan a Alan Turing, el genio matemático inglés, que tuvo la intuición para ello (Hernández, 2022). El término "Inteligencia Artificial" fue acuñado por McCarthy, quien organizó una conferencia en el Dartmouth College de Estados Unidos para explorar la posibilidad de construir máquinas "inteligentes" (ETOPIA Centro de Arte y Tecnología, 2022).

Este evento crucial estableció el marco inicial de lo que hoy conocemos como Inteligencia Artificial, aunque hubo trabajos anteriores en campos relacionados. Desde sus inicios, la IA enfrentó el desafío de que no existía una definición

universalmente acordada de inteligencia, razón por la cual, incluso hoy en día, sigue siendo difícil encontrar una definición definitiva (Moujahid, 2016). Así como la Psicología reconoce varios tipos de inteligencia humana, como la emocional, interpersonal, musical, lingüística, cinestésica y espacial, las diferentes definiciones de inteligencia artificial enfatizan diferentes aspectos, aunque existen puntos en común entre ellos. A continuación se presentan algunas de las definiciones originales que han dado forma a este campo:

- El examen de la computación revela que las máquinas poseen la capacidad de percibir, razonar y actuar.
- El campo de la ciencia se centra en la creación de máquinas que sean capaces de realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana. Esto implica desarrollar tecnología avanzada que pueda imitar o replicar las capacidades cognitivas humanas.
- Hay en marcha un esfuerzo innovador y apasionante que pretende estimular las capacidades cognitivas de los ordenadores. Este busca crear máquinas que posean mentes de la manera más completa y auténtica posible. En otras palabras, se esfuerza por desarrollar computadoras que realmente puedan pensar y razonar, asemejándose a los procesos de pensamiento humanos. Esta fascinante línea de investigación tiene el potencial de revolucionar el campo de la inteligencia artificial y redefinir las capacidades de las máquinas.
- El campo de la informática que se centra en el desarrollo e implementación de sistemas automatizados capaces de exhibir un comportamiento inteligente se conoce como inteligencia artificial. Esta rama de la informática tiene como objetivo crear máquinas y software que puedan imitar las capacidades cognitivas humanas, como el aprendizaje, la resolución de problemas, el razonamiento y la toma de decisiones. Al utilizar diversas técnicas y algoritmos, los sistemas de inteligencia artificial pueden analizar grandes cantidades de datos, reconocer patrones y hacer predicciones o recomendaciones. El objetivo final de la inteligencia artificial es desarrollar máquinas que puedan pensar, aprender y adaptarse de manera similar a la

inteligencia humana, permitiéndoles realizar tareas complejas y resolver problemas intrincados sin intervención humana.

- Una máquina inteligente se refiere a un sistema sofisticado que es responsable del intrincado proceso de examinar, organizar y transformar datos sin procesar en conocimiento valioso. Este conocimiento, a su vez, comprende información estructurada que se obtiene y utiliza para disminuir cualquier falta de comprensión o incertidumbre en torno a una tarea particular asignada a la máquina. Destacando el papel crucial que desempeñan las máquinas inteligentes en la adquisición y aplicación de información para mejorar los procesos de toma de decisiones.

La psicología jugó un papel crucial al reforzar la noción de que los humanos y los animales pueden considerarse máquinas de procesamiento de información. Piaget formuló teorías como el conductismo y la psicología cognitiva, fortaleciendo la conexión entre la IA y la cognición humana. Desde el año 400 a. C., filósofos como Sócrates, Platón, Aristóteles y Leibniz sentaron las bases cuando conceptualizaron la mente como una máquina que opera basándose en conocimiento codificado y utilizando el pensamiento para determinar las acciones apropiadas. Por ejemplo, la explicación estructurada de Aristóteles sobre cómo los humanos derivan conclusiones racionales a partir de premisas, conocida como silogismos, sigue siendo un aspecto fundamental de la IA en la actualidad. Además, la lingüística se desarrolló junto con la inteligencia artificial y sirvió como base para la representación del conocimiento (Nagesha et al., 2016).

Las teorías lingüísticas, en particular las formuladas por Chomsky, desempeñaron un papel vital en la configuración de cómo los sistemas representan y procesan la información. Sin embargo, la filosofía por sí sola no dio forma a la IA. Otras contribuciones significativas provinieron de diferentes disciplinas. Las matemáticas ofrecieron las herramientas necesarias para manipular afirmaciones lógicas e incertidumbres probabilísticas, mientras que el cálculo permitió modelar diversos fenómenos. Las matemáticas también allanaron el camino para el razonamiento con algoritmos.

La informática, que surgió casi al mismo tiempo que la IA, proporcionó un medio para implementar múltiples teorías a través de artefactos computacionales y modelos cognitivos. Los avances en la velocidad y la memoria de las computadoras traídos por la industria informática fueron esenciales para el funcionamiento de programas complejos. Así, el desarrollo de esta fue un esfuerzo de colaboración que abarcó una amplia gama de disciplinas.

La filosofía, las matemáticas, la psicología, la informática y la lingüística hicieron contribuciones significativas, cada una aportando sus perspectivas y herramientas únicas para apoyar el crecimiento y el avance de la IA. Esta surgió de la fusión de diversas disciplinas y campos de conocimiento. Se inspiró y obtuvo conocimientos de la informática, la filosofía, la lingüística, las matemáticas y la psicología. Estas ciencias no sólo aportaron su conocimiento acumulado sino que también proporcionaron valiosas herramientas y experiencias que impulsaron el crecimiento y desarrollo.

El enfoque subsimbólico de la IA se caracteriza por el desarrollo de sistemas que tienen la capacidad de aprender. Esto se puede lograr a nivel individual imitando el funcionamiento del cerebro humano mediante el uso de redes neuronales. A nivel de especie, se obtiene imitando el proceso de evolución. En el pasado, el término "Algoritmos Genéticos" (GA) se usaba comúnmente para referirse a este enfoque, sin distinguir entre diferentes tipos de Algoritmos Evolutivos (EA), ya que los otros algoritmos pueden verse como variaciones o mejoras de GA (Nagesha et al., 2016).

Por el contrario, otro enfoque en la IA es el enfoque subsimbólico, que utiliza representaciones numéricas o subsimbólicas del conocimiento. Si bien los primeros libros sobre inteligencia artificial destacan principalmente el trabajo de Rosenblatt y Widrow en la década de 1950 con las redes neuronales como ejemplo de representación subsimbólica, es importante señalar que esto no se limita solo a las redes neuronales.

Actualmente, la IA está ampliando sus horizontes de investigación y esforzándose por incorporar diversos enfoques en sistemas extensos para maximizar los beneficios de cada enfoque en múltiples campos de especialización. Esto se debe

a que se están desarrollando aplicaciones con esta tecnología en numerosos ámbitos, incluidos la medicina, la biología, la ingeniería, la educación y más. Además, están ganando terreno nuevas metodologías que utilizan el enfoque subsimbólico, como algoritmos de optimización inspirados en fenómenos naturales como colonias de hormigas, sistemas inmunológicos y grupos de partículas. Estas técnicas aprovechan los comportamientos observados en la naturaleza para mejorar sus capacidades

Conclusiones

Desde una perspectiva de implementación, es importante distinguir entre situaciones en las que los competidores utilizan algoritmos como herramienta complementaria en un acuerdo colusorio más amplio que cae dentro del ámbito tradicional de las normas de competencia sobre acuerdos anticompetitivos, y situaciones en las que los algoritmos permiten a las empresas alinearse. En el primer escenario, los desafíos que enfrentan las agencias reguladoras giran en torno a detectar posibles casos anticompetitivos, comprender la tecnología involucrada y reunir evidencia suficiente para cumplir con los criterios legales requeridos.

Por otro lado, el segundo escenario presenta más dificultades porque los criterios legales existentes no permiten intervenir utilizando reglas tradicionales sobre acuerdos anticompetitivos entre competidores. Si se encuentra evidencia de un problema de competencia, las posibles soluciones podrían implicar ajustar el proceso de revisión de fusiones para tener en cuenta el impacto de los algoritmos en los efectos coordinados.

Asimismo, se podrían diseñar soluciones conductuales para evitar que las empresas utilicen algoritmos con fines de colusión. A medida que se realicen más investigaciones y surja evidencia consistente que demuestre la contribución significativa de los algoritmos a los aumentos de precios a través de la colusión tácita, las autoridades podrían necesitar contemplar revisiones más sustanciales para abordar la colusión algorítmica. Este libro de investigación posibles enfoques regulatorios para abordar la cuestión de la colusión algorítmica, como la regulación de precios, medidas para desestabilizar la colusión tácita y reglas sobre el diseño de algoritmos.

Sin embargo, es importante considerar los posibles impactos negativos sobre la competencia que podrían superar los beneficios de la intervención regulatoria. Si se proponen soluciones regulatorias, las preocupaciones sobre la competencia serían sólo un aspecto del debate más amplio, que requeriría tener en cuenta varias consideraciones más allá del riesgo de colusión.

En conclusión, las empresas participantes en estos mercados a menudo se encuentran en un proceso de aprendizaje, tratando de comprender los acontecimientos políticos y los cambios en la organización del mercado mediante prueba y error. Las estimaciones de parámetros de una red neuronal, que utilizan los participantes del mercado para hacer pronósticos y decisiones, son en sí mismas el resultado de un proceso de aprendizaje y búsqueda. Por ende, los algoritmos han sido ampliamente reconocidos por su capacidad para generar mejoras significativas en la eficiencia y fomentar un entorno más competitivo en el sector financiero. Estas mejoras pueden observarse tanto en términos de eficiencias del lado de la demanda como de la oferta. Se demostró a través de la literatura que el uso de algoritmos de fijación de precios, en particular, produce beneficios sustanciales al aumentar la eficiencia y reducir los costos asociados con las transacciones.

Bibliografía

Alameda, T. (21 de febrero de 2018). La FCA estudia la creación de un 'sandbox regulatorio' global. *BBVA*. https://www.bbva.com/es/fca-estudia-creacion-sandbox-regulatorio-global/

Altman, E.I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The journal of finance*, *23*(4), 589-609.

Ansoff, H.I. (1965). *Corporate Strategy: An Analytic Approach to Business Police for Growth and Expansion.* New York, NY: McGraw-Hill

Aragonés, M. (19 de junio de 2019). La revolución de la Inteligencia Artificial en las empresas. *Forbes México*. https://www.forbes.com.mx/la-revolucion-de-la-inteligencia-artificial-en-las-empresas/#:~:text=Foto:%20Yuichiro%20Chino/Getty%20images.%20Por%20Manuel%20Aragon%C3%A9s*%20La

Assad, S., Clark, R., Ershov, D., y Xu, L. (2020). Algorithmic pricing and competition: Empirical evidence from the German retail gasoline market. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/223593/1/cesifo1_wp8521.pdf

Botta, M., & Wiedemann, K. (2019). Exploitative conducts in digital markets: time for a discussion after the Facebook decision. *Journal of European Competition Law & Practice*, *10*(8), 465-478.

Botta, M., & Wiedemann, K. (2020). To discriminate or not to discriminate? Personalised pricing in online markets as exploitative abuse of dominance. *European Journal of Law and Economics*, *50*, 381-404.

Brown, Z.Y., & MacKay, A. (2021). Competition in pricing algorithms (No. w28860). *National Bureau of Economic Research*. https://doi.org/10.3386/w28860

Brynjolfsson, E., Collis, A., & Eggers, F. (2019). Using massive online choice experiments to measure changes in well-being. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(15), 7250-7255.

Buleje Díaz, C. (2018). Libre Competencia y Algoritmos: estado de la cuestión y algunas reflexiones a la luz de la normativa peruana de Libre Competencia. *Foro Jurídico*, (17), 111 - 137. Recuperado de https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/forojuridico/article/view/22763

Butijn, B.J. (2023). Introduction to Advanced Information Technology. In: Berghout, E., Fijneman, R., Hendriks, L., de Boer, M., Butijn, BJ. (eds) *Advanced Digital Auditing. Progress in IS. Springer, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11089-4_3

Canadá. (2023). *The Artificial Intelligence and Data Act (AIDA) – Companion document.* Innovation, Science and Economic Development Canada. Recuperado el 01 de marzo de 2024 de https://ised-isde.canada.ca/site/innovation-better-canada/en/artificial-intelligence-and-data-act-aida-companion-document

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). *Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital*. Cartagena de Indias: UN/CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2019). *Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (2024). Conductas Anticompetitivas. https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/competencia/conductas-anticompetitivas

Corporación Andina de Fomento (2021). EXPERIENCIA. Datos e Inteligencia Artificial en el sector público. Caracas: CAF. Recuperado de https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1793

Descamps, A., Klein, T., & Shier, G. (2021). Algorithms and competition: the latest theory and evidence. *Competition Law Journal*, *20*(1), 32-39.

Deutsche Welle. (2022, 22 de abril). *Australia multa a Trivago por información engañosa* [Comunicado de prensa]. https://www.dw.com/es/australia-multa-a-trivago-por-informaci%C3%B3n-enga%C3%B1osa/a-61552817

Díaz-Ramírez, J. (2021). Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo. Ingeniare. *Revista Chilena de Ingeniería,* 29(2), 180-181. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000200180

Escalante, S. (2023). *Chaebols Coreanas: Estructura de propiedad y gobierno* [Tesis de grado]. Universidad de Oviedo

Escalona González, S., Caballero Mota, Y., Rodríguez Alvarez, Y., León Acebo, M., González Milán, Z., Ricardo Paez, B., y Rodríguez Espinosa, K. (2024). Red neuronal artificial para la predicción de mortalidad de pacientes con enfermedad renal crónica. *Revista Cubana de Medicina Militar, 53*(3), e024038408. Recuperado de https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/38408/2619

ETOPIA Centro de Arte y Tecnología. (2022). *D3us ex m4ch1na.* [Catálogo de arte e inteligencia artificial]. LABoral Centro de Arte y Creación Industria. https://fundacionzcc.org/wp-content/uploads/2022/07/PUBLICACION.-ARTE-E-INTELIGENCIA-ARTIFICIAL.pdf

Flores Vivar, J.M. (2018). Algoritmos, aplicaciones y Big data, nuevos paradigmas en el proceso de comunicación y de enseñanza-aprendizaje del periodismo de datos. *Revista de Comunicación*, 17 (2), 268-291. https://doi.org/10.26441/RC17.2-2018-A12

França, R. P., Monteiro, A. C. B., Arthur, R., & Iano, Y. (2021). An overview of deep learning in big data, image, and signal processing in the modern digital age. *Trends in Deep Learning Methodologies*, 63-87.

FundsPeople (2024). Inteligencia Artificial: la guía imprescindible para entender conceptos fundamentales. https://fundspeople.com/es/glosario/inteligencia-artificial-guia-imprescindible-para-entender-conceptos-fundamentales/

García Pérez De Lema, D., y Marín Hernández., S. (1992). *Información utilizada por la banca pan, evaluar el riesgo crediticio*. Madrid: Banca Española.

Girault, A.G., Serrate, J.S., y Ochoa, R. (2016). *EL G20 Y LA GLOBALIZACIÓN EN CRISIS: Liderazgo en tiempos de descontento social*. Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales (CARI). http://www.jstor.org/stable/resrep21031

González Arencibia, M., y Martínez Cardero, D. (2020). Dilemas éticos en el escenario de la inteligencia artificial. *Economía y Sociedad*, *25*(57), 93-109. https://dx.doi.org/10.15359/eys.25-57.5

Hao, K. (08 de febrero de 2019). Cómo se produce el sesgo algorítmico y por qué es tan difícil detenerlo. *MIT Technology Review.* https://www.technologyreview.es/s/10924/como-se-produce-el-sesgo-algoritmico-y-por-que-es-tan-dificil-detenerlo#:~:text=Pero%20ser%20conscientes%20de%20que%20estos%20sesgos%20existen%20no%20es

Hernández, J. (2022). (22 de septiembre de 2022). Inteligencia artificial: qué aporta y qué cambia en el mundo del trabajo. *BID Mejorando Vidas*. https://blogs.iadb.org/trabajo/es/inteligencia-artificial-que-aporta-y-que-cambia-en-el-mundo-del-trabajo/

Hillier, F., y Liberman, G. (2010). Introducción a la investigación de operaciones. Ciudad de México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V

Johnson, C.A., y Padilla, M.A. (2005). Regularidades no lineales en índices accionarios. Una aproximación con redes neuronales. *El trimestre económico*, *72*(288), 765-821. https://doi.org/10.20430/ete.v72i288.561

Labbé Figueroa, M.F. (2023). Remedios para la colusión por algoritmos de fijación de precios. *Revista Chilena De Derecho Y Tecnología*, *12*, 1–17. https://doi.org/10.5354/0719-2584.2023.69556

Lando, D., & Duffie, D. (2003). Term Structures of Credit Spreads with Incomplete Accounting Information. *Econometrica-Journal of the Econometric Society*, 69(3), 633-664. https://doi.org/10.1111/1468-0262.00208

Lennox, C. (1999). Identifying failing companies: a re-evaluation of the logit, probit and DA approaches. *Journal of Economics and Business,* 51(4), 347-364. https://doi.org/10.1016/S0148-6195(99)00009-0

Lidiema, C., Waititu, A., Mageto, T., & Ngunyi, A. (2018). Non-parametric Approach in Modelling Effects of Remittances on Household Credit in Kenya. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, *6*(1), 25-35.

Martínez, V.P. (1989). La información contable en la predicción de la crisis bancaria 1977-1985. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 18(58), 309–338. http://www.jstor.org/stable/42779922

Mercado Negro. (2018). Denuncian a Trivago por publicidad engañosa en Australia. [Comunicado de prensa]. https://www.mercadonegro.pe/publicidad/denuncian-a-trivago-por-publicidad-enganosa-en-australia/

Metaxa, D., Park, J.S., Robertson, R.E., Karahalios, K., Wilson, C., Hancock, J., & Sandvig, C. (2021). Auditing algorithms: Understanding algorithmic systems from the outside in. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, *14*(4), 272-344.

Mota Sánchez, E.M., y Herrera Expósito, E. (2023). Auditoría algorítmica en la inteligencia artificial en el Sector Público. *Proyecciones*, (17),25. https://doi.org/10.24215/26185474e025

Motta, M. (2023). Self-preferencing and foreclosure in digital markets: theories of harm for abuse cases. *International Journal of Industrial Organization*, 90, 102974. https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2023.102974

Moujahid, A. (26 de junio de 2016). A practical introduction to deep learning with caffe and python. *Adil Moujahid*. https://adilmoujahid.com/posts/2016/06/introduction-deep-learning-python-caffe/

Nagesha, K., Chandar, K.R., & Sastry, V. (2016). Prediction of dust dispersion by drilling operation using artificial neural networks. *Int. J. Prev. Control Ind. Pollut*, *1*, 1-13.

O'Brien, T.E., & Silcox, J.W. (2024). Nonlinear Regression Modelling: A Primer with Applications and Caveats. *Bulletin of mathematical biology*, *86*(4), 40. https://doi.org/10.1007/s11538-024-01274-4

Odom, M.D., & Sharda, R. (1990, June). A neural network model for bankruptcy prediction. In *1990 IJCNN International Joint Conference on neural networks* (pp. 163-168). IEEE.

OECD (2020), "Los países en desarrollo y la cooperación al desarrollo: ¿qué está en juego?", *Medidas políticas clave de la OECD ante el coronavirus (COVID-19)*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/f839a75c-es.

OECD (2021), Artificial Intelligence, Machine Learning and Big Data in Finance: Opportunities, Challenges, and Implications for Policy Makers, https://www.oecd.org/finance/artificial-intelligence-machine-learningbig-data-in-finance.htm.

OECD (2023). Algorithmic Competition, OECD Competition Policy Roundtable Background Note. www.oecd.org/daf/competition/algorithmic-competition-2023.pdf.

OECD (2024), "Detecting cartels for ex officio investigations", *OECD Roundtables on Competition Policy Papers*, No. 311, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/1ea7cdba-en

OECD/CAF (2022), "Estrategias de inteligencia artificial en América Latina y el Caribe", in *Uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/03c4e7eb-es.

Perrotini, I. (2015). La reserva federal, la crisis y la política monetaria no convencional. *Contaduría y administración*, 60(Supl. 2), 250-271. https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.11.001

Rivero Panaqué, C., y Beltrán Castañón, C. (2024). La inteligencia artificial en la educación del siglo XXI: avances, desafíos y oportunidades. Presentación. *Educación*, 33(64), 5-7. https://doi.org/10.18800/educacion.202401.P001

Saurwein, F., Just, N., & Latzer, M. (2015). Governance of algorithms: options and limitations. *Emerald Group Publishing Limited,* 17(6), 35-49. https://doi.org/10.1108/info-05-2015-0025

Schrepel, T. (2020). The Fundamental Unimportance of Algorithmic Collusion for Antitrust Law. *Harvard Journal of Law and Technology*, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3535561

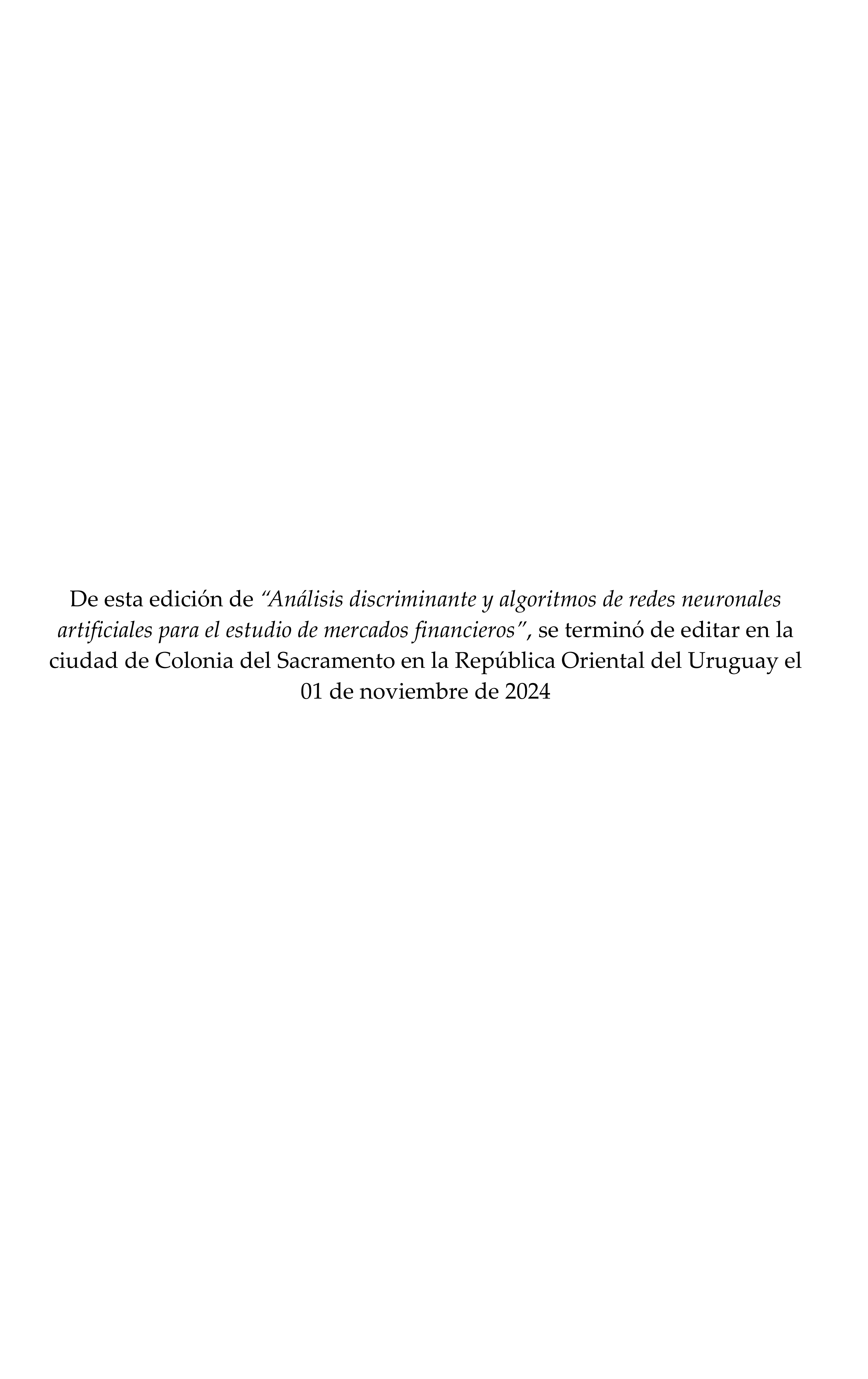
Seele, P., Dierksmeier, C., Hofstetter, R., & Schultz, M.D. (2021, May 1). Mapping the Ethicality of Algorithmic Pricing: A Review of Dynamic and Personalized Pricing. *Journal of Business Ethics*. Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/s10551-019-04371-w

Tam, K.Y. y Kiang, M. (1992). Predicting Bank Failures: A Neural Network Approach. *Decision Sciences*, 23, 926-947.

Tonon Ordóñez, L.B., Orellana Osorio, I.F., Pinos Luzuriaga, L.G., y Reyes Clavijo, M.A. (2022). Riesgo de fracaso empresarial en el sector C23 de manufactura del Ecuador. *PODIUM*, (41), 71–90. https://doi.org/10.31095/podium.2022.41.5

Verdegay, J., Lamata, M., Pelta, D., y Cruz, C. (2021). Inteligencia artificial y problemas de decisión: la necesidad de un contexto ético. *Suma de Negocios,* 12(27), 104-114. https://doi.org/10.14349/sumneg/2021.V12.N27.A2

Viecens, F. (2023). Algoritmos y colusión: ¿qué hemos aprendido? Un análisis para América Latina. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital,* 2(Especial), 1-23. https://doi.org/10.53857/RLESD.04.2023.01



De esta edición de *"Análisis discriminante y algoritmos de redes neuronales artificiales para el estudio de mercados financieros"*, se terminó de editar en la ciudad de Colonia del Sacramento en la República Oriental del Uruguay el 01 de noviembre de 2024

EST. 2021

EMC

EDITORIAL MAR CARIBE



ANÁLISIS DISCRIMINANTE Y ALGORITMOS DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA EL ESTUDIO DE MERCADOS FINANCIEROS

2024

